

## Apéndice M

# LA INTEGRACIÓN DEL IDS EN EL ÁMBITO TEÓRICO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS O “PROJECT MANAGEMENT”

## ÍNDICE

M.1. Introducción .....	2
M.2. El concepto de "gestión de proyectos" .....	5
M.3. La integración de los diversos aspectos del proyecto .....	12
M.3.1. La integración en la planificación del proyecto .....	13
M.3.2. La integración en el desarrollo del proyecto .....	14
M.4. La gestión del alcance del proyecto .....	15
M.4.1. La identificación de la necesidad .....	17
M.4.2. El análisis del producto .....	18
M.4.3. La interacción entre diseño y producción .....	20
M.4.4. La toma de decisión en el diseño .....	21
M.5. La gestión de los costes del proyecto .....	21
M.5.1. La evaluación económica de proyectos .....	22
M.5.2. La estimación de costes y presupuestación .....	25
M.5.3. El control de costes .....	26
M.6. La gestión del tiempo en el proyecto .....	29
M.6.1. La planificación de tiempos .....	29
M.6.2. El control de tiempos .....	30
M.7. La gestión de la calidad .....	30
M.7.1. La planificación de la calidad .....	31
M.7.2. El control de calidad .....	32
M.8. La gestión de riesgos del proyecto .....	34
M.8.1. La identificación y clasificación de riesgos .....	35
M.8.2. El análisis y evaluación de riesgos .....	35
M.8.3. El desarrollo y control de las respuestas a los riesgos .....	36

M.9. La gestión humana del proyecto .....	37
M.9.1. Planificación de la organización .....	38
M.9.2. Adquisición de personal .....	38
M.9.3. Desarrollo del equipo .....	38
M.10. La gestión medioambiental del proyecto .....	40
M.10.1. La planificación de la gestión medioambiental .....	40
M.10.2. El control de la gestión medioambiental .....	40
M.11. La gestión de las comunicaciones en el proyecto .....	41
M.11.1. La recogida y distribución de la información .....	41
M.11.2. La generación y control de la información .....	43
M.12. La gestión de la contratación en el proyecto .....	44
M.12.1. La planificación de la contratación .....	45
M.12.2. El desarrollo de la contratación .....	45
M.13. Síntesis del análisis .....	46
M.14. Bibliografía .....	48

---

## M.1. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis doctoral se ha propuesto un nuevo sistema de toma de decisiones de carácter general al que se ha denominado IDS, y se han particularizado sus diferentes elementos en el ámbito de la construcción. Posteriormente se ha estudiado su aplicación como base de un nuevo enfoque de la metodología del valor: el IDS-VM. Como puede observarse, esta primera aplicación del sistema propuesto abraza un campo de la gestión más bien reducido, pues en definitiva la metodología del valor no es sino una técnica más en el corpus de conocimiento de lo que hoy en día es la disciplina de la gestión de proyectos (PMI, 1996).

Por tanto, cabría ir más allá en el análisis de la aplicabilidad de este nuevo instrumento, nacido con vocación generalista, y estudiar su potencialidad en un campo más amplio; el de la gestión de proyectos. Este será precisamente el ámbito de estudio del presente apéndice, de manera que se analizará el posible engarce de la propuesta como instrumento de gestión donde se integrarían los elementos desarrollados en las diversas vertientes de la gestión del proyecto, sintetizadas en la figura M.1. Si bien se harán continuas referencias colaterales al sector de la construcción, se pretende evitar centrar la discusión en dicho ámbito, en orden a conseguir una mayor generalidad del estudio. Se contemplará, por tanto, la gestión de cualquier tipo de proyecto (informático, de la industria farmacéutica, cinematográfica, etc.).

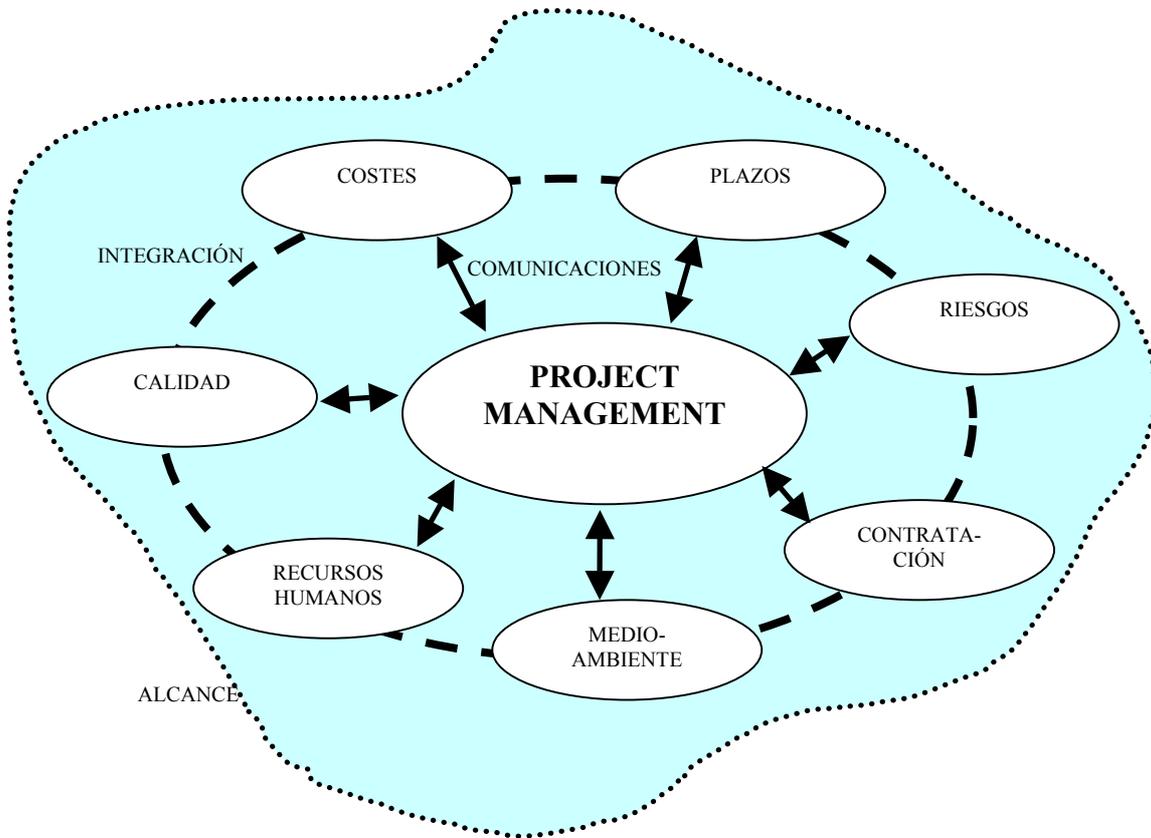


Figura M.1. Modelo sistémico de la gestión de proyectos

El examen de la integrabilidad de las metodologías y herramientas de las diversas áreas se llevará a cabo según dichos elementos constituyan una entrada o una salida para el sistema IDS propuesto. Esta idea se intenta visualizar en la figura M.2. El primero de estos casos corresponderá a las técnicas o instrumentos cuyo resultado se integre como parámetro de medida de alguno de los requerimientos identificados. Por otro lado, el sistema propuesto constituirá una herramienta de toma de decisión en el contexto de otras metodologías que, por tanto, serán una salida para el sistema.

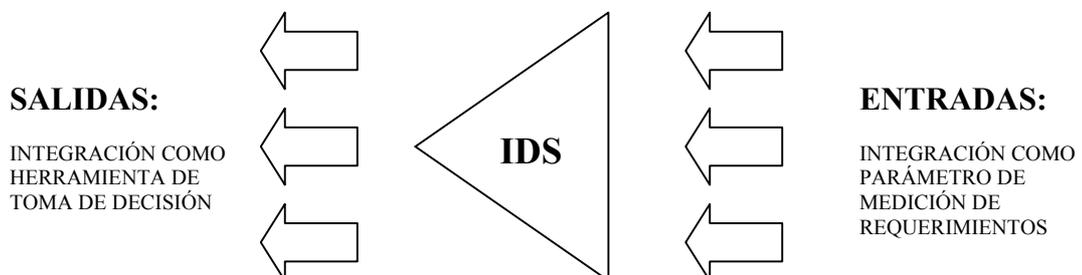


Figura M.2. Esquema del estudio de integración del apéndice M

Mediante este análisis, además de explorar la potencialidad del sistema propuesto en el ámbito de la gestión de proyectos, se consigue formar un "macrosistema" orientado a su aplicación en este ámbito. Dicho "macrosistema" estaría formado por el sistema IDS y todas las herramientas o instrumentos de cada campo específico englobadas en lo que se ha denominado "entradas" en la figura anterior, y que actuarían como "complementos" o "accesorios" del instrumento propuesto, según el caso de aplicación.

Finalmente, debe quedar claro que la gestión del proyecto no es un conjunto de compartimentos estancos sino un complejo entramado y solape de campos y metodologías. De ahí que, por ejemplo, el manual del PMI (1996) cite algunas herramientas en varios campos. Ello implica, por tanto, que algunos de los conceptos, técnicas o metodologías estudiadas serán aplicables en varias de las áreas citadas. Sin embargo, como es lógico, su estudio sistemático obliga a encuadrarlas en una vertiente determinada, lo cual no pretende limitar su aplicación en modo alguno a ese campo.

## M.2. EL CONCEPTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

De cara a una comprensión más profunda del objeto de este apéndice, se cree conveniente plantear un somero análisis conceptual del término "gestión de proyectos". De este modo se evitarán confusiones terminológicas y se aportará una mayor comprensión del concepto que constituye el objeto de estudio<sup>1</sup>. El propósito de este examen no es, por tanto, un análisis crítico y detallado de la cuestión, sino simplemente aclarar la notación y la terminología del problema.

### *El concepto de "proyecto"*

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española introduce cinco acepciones para la definición del término "proyecto". Aunque una de ellas se centra en la vertiente arquitectónica o ingenieril del concepto, se juzga más adecuada al objeto de este apéndice otra de las acepciones, de carácter más general, que describe el concepto como; "planta y disposición que se forma para un tratado o para la ejecución de una cosa de importancia, anotando y extendiendo todas las circunstancias principales que deben concurrir para su logro".

Sin embargo, esta definición no acaba de amoldarse al concepto que se pretende estudiar en este apéndice, de manera que se opta por asumir una definición más específica de este ámbito, que define "proyecto" como,

*"la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado". (Cleland & King, 1975)*

### *El concepto de "gestión"*

Por otro lado, podría definirse gestión como un "hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera" (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española), es decir, la gestión de un proyecto englobaría todas las actividades necesarias para su consecución. En general, estas actividades son en el fondo siempre las mismas, aunque desarrolladas en las diversas vertientes del proyecto:

- i) En un orden *temporal*: planificar, organizar, implementar y controlar (Turner, 1993)
- ii) En un orden *transversal*: decidir.

Evidentemente podrían distinguirse actividades de orden inferior en cada una de ellas (definir, estimar, medir, etc.) si bien se opta por obviarlas por el momento en orden a simplificar el análisis.

La gestión supone, por tanto, una integración de los diversos agentes, actividades y tareas que intervienen en el proyecto, por lo que será un aspecto clave en el éxito del

---

<sup>1</sup> Para un análisis más detallado de estos conceptos cabe remitirse, por ejemplo, a la obra de Heredia (1995).

mismo. Dean (1993) expresa esta misma idea afirmando que la gestión es uno de los factores más determinantes actualmente en el valor<sup>2</sup>.

Sin ánimo de entrar en una discusión teórica del concepto que nos alejaría del objetivo de la tesis, se aceptará cualquiera de las definiciones existentes sobre los términos “gestión” y “proyecto”, siempre que exprese el concepto al que hacen referencia las definiciones anteriores. Por consiguiente, constituyen ejemplos de gestión de proyectos: el lanzamiento de un nuevo producto o servicio, un cambio, innovación o reestructuración en una organización, la construcción de un edificio u obra civil, una campaña electoral, la implementación de un sistema de información en una organización, etc. (PMI, 1996).

### *El concepto de "Project Management"*

En un mayor nivel de precisión, podría diferenciarse el concepto anglosajón de “Project Management” de la idea intuitiva anteriormente expresada. Para ello, puede adoptarse la definición de término propuesta por el PMI (1987);

*“el arte de dirigir y coordinar los recursos humanos y materiales, a lo largo del ciclo de vida del Proyecto, mediante el uso de las actuales técnicas del Management, para conseguir los objetivos prefijados de alcance, coste, plazo, calidad y satisfacción de los partícipes o partes interesadas del proyecto”.* (PMI, 1996)

En el ámbito español, Heredia (1995) define lo que denomina “Dirección Integrada de Proyecto” (DIP) como traducción al castellano del término “Project Management”, que define como “el proceso de optimización de los recursos puestos a disposición del proyecto, con el fin de obtener sus objetivos” y “el proceso de conducción del esfuerzo organizativo, en el sentido del liderazgo para obtener los objetivos del proyecto”.

Recientemente el PMI (1996), ha propuesto una definición más sucinta, describiendo este término como “una tarea o empresa<sup>3</sup> temporal para crear un único producto o servicio”.

### *La gestión de proyectos y la "Dirección Integrada de Proyecto" (DIP)*

Tras fijar el concepto general de gestión de proyectos es importante hacer una aclaración al respecto; la distinción entre la gestión de proyectos en general y el sistema específico de gestión conocido con el término de "Project Management", traducido como "Dirección Integrada de proyecto" en el ámbito hispanohablante (Santana, 1990; Heredia, 1995). En esencia, dicho concepto consiste en una gestión integrada del proyecto por parte de un agente independiente al que la propiedad traslada la responsabilidad de representarle y de coordinar al resto de agentes del proyecto.

---

<sup>2</sup> Dean (1993) hace esta afirmación en un marco conceptual del término "valor" correspondiente al modo clásico de entender el concepto, como relación entre calidad y coste.

<sup>3</sup> En versión original "endeavour"

En el ámbito de la construcción, este esquema correspondería al término conocido como "Construction Management" o "Dirección Integrada de Construcción"<sup>4</sup> (Heredia, 1995). Este concepto surgiría así como una alternativa al esquema clásico de contratación, concebido como una secuencia proyecto-construcción, donde ambas fases están más bien desligadas y se introduce la figura de la "Dirección Facultativa" para defender los intereses del cliente durante la ejecución. Por otro lado, la construcción corre a cargo generalmente de un contratista principal que se encarga de subcontratar a los diversos suministradores e industriales. Este esquema clásico presenta en ocasiones la variedad de "llaves en mano", donde el contratista y la ingeniería pertenecen a una misma organización o bien forman una sociedad<sup>5</sup>. Heredia (1995) visualiza estos conceptos mediante la figura M.3.

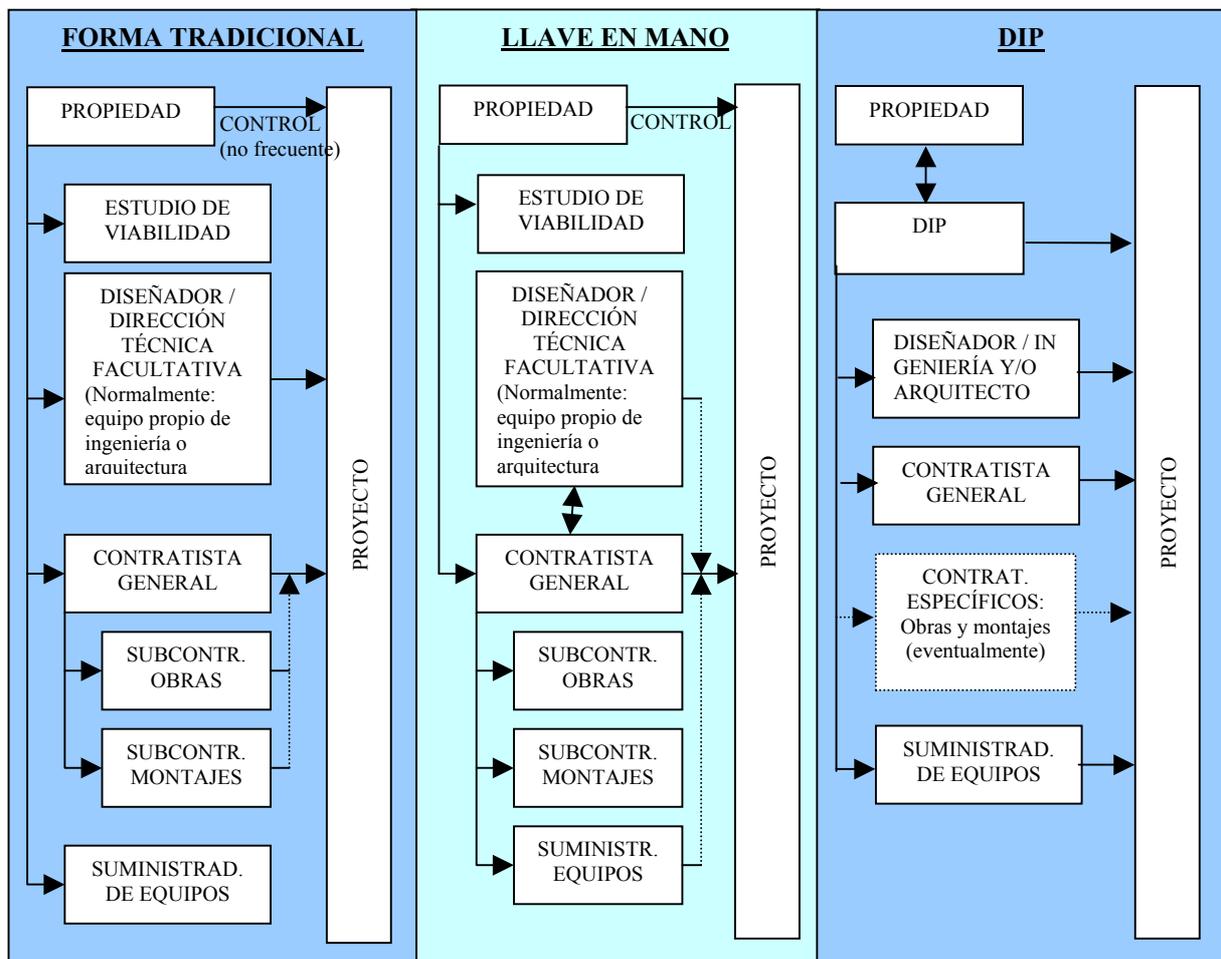


Figura M.3. Sistemas de gestión de los proyectos

<sup>4</sup> Heredia (1995) define la "Dirección Integrada de Construcción" o "Construction Management" como "un servicio profesional de consultoría contratado por la propiedad (cliente) que comienza a actuar en el origen del proceso constructivo. Se contrata a la vez que se efectúa la contratación del Equipo de Proyecto (arquitecto(s) y/o ingeniero(s) o ingeniería). El responsable de la función de "Dirección Integrada de Construcción" es el "Construction Manager" o "Director de Construcción", que trabaja y depende funcionalmente del Director de Proyecto" (Project Manager) -cuando existe- que es quien le imparte las instrucciones generales referentes a los objetivos del proyecto". Entre los profesionales españoles suele conocerse este concepto como "subcontratación por lotes".

<sup>5</sup> Es lo que en el ámbito anglosajón se conoce como contratación por "Diseño y construcción" ("Design & Construction" (e.g. Pilcher, 1992).

Partiendo de esta puntualización, cabe aclarar que el objetivo de este apéndice es estudiar la integración del IDS no sólo en el esquema de "Project Management", sino en cualquier sistema de gestión. Es decir, lo descrito en este apéndice tendrá aplicación tanto en un esquema de gestión integrada o total del proyecto como en la gestión de una de sus partes o fases. Sin embargo, como es lógico, será en la gestión total del proyecto donde más se desarrollará la potencialidad del sistema de toma de decisiones propuesto.

#### *Aplicación del IDS más allá de la gestión de proyectos constructivos*

Finalmente, cabe hacer hincapié una vez más en que el estudio del modelo IDS en el ámbito de la gestión de proyectos planteado en este apéndice intenta abordarse desde un punto de vista general, no restringido, por tanto, al sector de la construcción. Como ejemplo de su potencial aplicación en un proyecto del ámbito industrial, se presentan las tablas M.1 y M.2, las cuales pretende mostrar la aplicabilidad de uno de los elementos del sistema propuesto en un entorno diferente al de la construcción. Por otro lado, este sencillo ejemplo puede servir como visualización de algunas de las ideas que se expondrán a lo largo del apéndice.

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Planificación estratégica Dirección / gestión	Planificación de la producción		Gestión de residuos
CLAVE	Ingeniería Recepción suministros Producción Almacenaje de productos Expedición de productos	Diseño Producción Suministro Ensamblaje Almacenaje de producto acabado	Producción de luz Recepción de energía eléct. Conversión de energía en luz	Reciclaje
SOPORT.	Mantenimiento instalaciones Gestión financiera Marketing	Suministro de energía Mantenimiento de maquinaria Control de calidad	Reposición	Almacenaje de bombillas usadas

**Tabla M.1.** Ejemplo de matriz de procesos en el caso de un producto industrial

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
S	Volumen de ventas	Costes de producción	Coste de uso Coste de transporte	Coste de reciclaje
T		Tiempo de producción	Vida útil	
F		Facilidad de montaje	Facilidad de recambio Eficiencia Confort Estética	Reciclabilidad
S	Ser innovadora	Seguridad e higiene en producción	Seguridad e higiene en uso	Seguridad e higiene en reintegración
M		Contaminación en producción	Ahorro de energía	Capacidad contaminante de los residuos

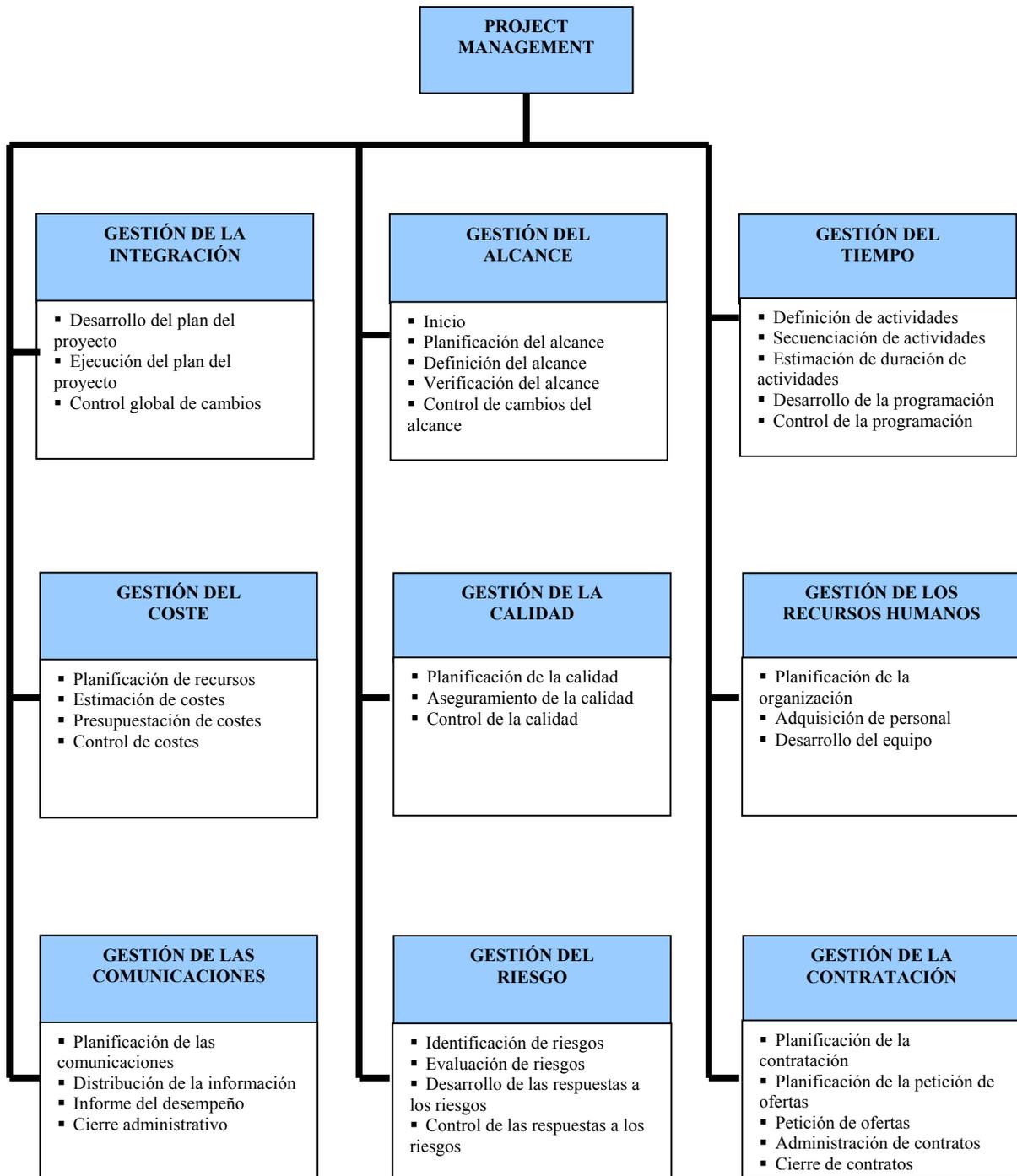
**Tabla M.2.** Ejemplo de matriz de requerimientos en el caso de un producto industrial  
*Las áreas de la gestión de proyectos*

De cara a un examen sistemático, se adopta la estructuración de áreas en la gestión de proyectos propuesta por el Project Management Institute (PMI, 1996) y modelizadas en la figura M.1, si bien se juzga conveniente añadir a estos niveles de estudio la vertiente medioambiental, dado que será de gran importancia en muchas de las tipologías de proyectos, y en particular en los proyectos de construcción. Dichas áreas, son las siguientes (PMI, 1996):

- **Integración** (Integration), describe los procesos requeridos para asegurar que los varios elementos del proyecto son coordinados de forma apropiada.
- **Alcance** (Scope), describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto contiene todo y sólo el trabajo requerido para llevar a término el proyecto de manera satisfactoria.
- **Tiempo**, describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto se lleva a cabo en el espacio de tiempo convenido.
- **Coste**, describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto se llevará a cabo con el presupuesto aprobado.
- **Calidad**, describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto satisfará las necesidades para el que ha sido concebido.
- **Recursos Humanos**, describe los procesos requeridos para asegurar el mayor desempeño de las personas involucradas en el proyecto.
- **Comunicaciones**, describe los procesos requeridos para asegurar la apropiada y puntual creación, recogida, distribución, almacenamiento y disposición de la información del proyecto.
- **Riesgos**, describe los procesos relacionados con la identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto
- **Contratación**, describe los procesos requeridos para la adquisición de bienes desde fuera de la organización que lleva a cabo el proyecto.

Cada una de dichas áreas comprenden diversos aspectos, los cuales se recogen en la figura M.4. A este respecto, es interesante observar que esta estructuración enmarca la evaluación de resultados y los factores de éxito del proyecto (AENOR, 2000), y guarda un interesante paralelismo con los elementos de la definición del valor propuesta en otras partes de la tesis.

Por otro lado, según se observa en las líneas anteriores y en la citada figura, el PMI (1996) no distingue el área medioambiental como vertiente diferenciada en la gestión de proyectos. Sin embargo, por juzgarla de creciente importancia se ha decidido incluirla entre las áreas de estudio abordadas en este apéndice. De ahí que apareciese en la figura M.1, al inicio del mismo. Además, según lo comentado en otras partes de la tesis, esta vertiente adquiere hoy en día una importancia capital en los proyectos constructivos, a los que se les ha dedicado una atención principal en esta tesis.



**Figura M.4.** Las áreas de conocimiento y los procesos del Project Management (PMI, 1996)

### *Las herramientas de gestión*

A lo largo de este análisis se hará referencia a diversas metodologías, técnicas, y herramientas de gestión, algunas de las cuales serán propias de la vertiente del proyecto considerada, y otras son de tipo general, desarrolladas quizá en alguno de los ámbitos pero cuyo campo de aplicación se ha extendido en un plano transversal.

Tal es el caso de las denominadas “herramientas clásicas y nuevas de gestión” (Ricart et al, 1993), recogidas en la tabla M.3. Algunas de ellas fueron desarrolladas en el ámbito de la calidad, si bien pueden considerarse aplicables a otras vertientes del proyecto como los costes, plazos, etc. De su definición se concluye que son más bien instrumentos de control, aplicables a parámetros de tipo económico, temporal, de calidad u otros.

Obviamente, estas herramientas tienen un gran número de variantes, aunque en términos generales y de concepto pueden clasificarse según lo mostrado en la tabla M.3.

<p><b>Las siete herramientas tradicionales de gestión</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Histogramas</li> <li>2. Diagramas causa-efecto</li> <li>3. Hojas de chequeo (Check Sheets) y diagramas de flujo</li> <li>4. Diagramas de Pareto</li> <li>5. Gráficos de evolución temporal</li> <li>6. Gráficos de control (Control Charts)</li> <li>7. Diagramas de dispersión o correlación (Scatter Diagrams)</li> </ol> <p><b>Las nuevas siete herramientas de gestión</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagrama de relaciones (Relations Diagram)</li> <li>2. Diagrama de afinidades (Affinity Diagram o KJ method)</li> <li>3. Diagrama sistemático o en árbol (Systematic Diagram o Tree Diagram)</li> <li>4. Diagrama matricial (Matrix Diagram)</li> <li>5. Análisis matricial de datos o matrices de priorización (Matrix Data Analysis)</li> <li>6. Diagrama del proceso de programación de decisiones (Process Decision Program Chart o PDPC)</li> <li>7. Diagrama de flechas o de red de las actividades (Arrow Diagram)</li> </ol>
---

**Tabla M.3.** Las herramientas de gestión

### *El estudio de la gestión de proyectos en el ámbito español*

Finalmente, cabe hacer una breve referencia al tratamiento teórico de la gestión de proyectos en el ámbito español. Entre las publicaciones al respecto, cabe destacar la obra de Heredia (1985; 1995), al que siguieron los trabajos de Pereña (1991 y 1996), Santana (1990) y Cos (1995).

Tal vez la característica común de todas ellas es su orientación hacia el esquema de la dirección integrada de proyectos, a excepción de Cos (1995), cuya aportación tiene un carácter más general, y engloba aspectos de carácter marcadamente técnico.

### M.3. LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO

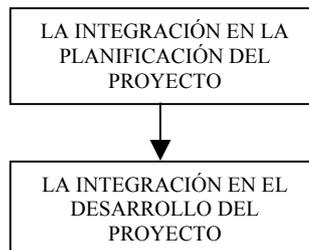
La integración del proyecto describe los procesos requeridos para asegurar que los varios elementos y vertientes del proyecto se coordinen de forma apropiada. Implica, por tanto, la búsqueda del compromiso entre los varios objetivos del mismo y la elección de alternativas para conseguir satisfacer los intereses de los diversos agentes del proyecto, entre los que pueden encontrarse:

- El gestor del proyecto o Project Manager
- El cliente
- La organización encargada de llevar a cabo el proyecto
- El sponsor, accionista o inversor del proyecto

Según el PMI (1996), los tres procesos principales englobados en la gestión de la integración del proyecto son (figura M.4):

- El desarrollo del plan de proyecto
- La ejecución del plan de proyecto
- El control global de cambios

Dichos aspectos se sintetizarán a efectos de este estudio en dos campos (figura M.5),



**Figura M.5.** Esquema de estudio de la gestión de la integración del proyecto

Tal como se ha demostrado en otras partes de la tesis, el sistema IDS de toma de decisiones es una herramienta de integración, y por tanto se encuadraría directamente en esta área de la gestión. El engarce en la definición del valor propuesta hace que sea posible articular una evaluación integrada de los diversos aspectos a considerar en cada toma de decisión. Cabe recordar al respecto que la definición del concepto de valor propuesta (el modelo MIV), recoge directamente varias de las áreas citadas al principio de este apéndice (PMI, 1996): costes, tiempos, calidad, medioambiente, personas y riesgos.

Además, tal como se explicará a lo largo de este apéndice, el sistema permite tratar el resto de las áreas comentadas (contratación, alcance, comunicaciones, etc.), de manera que constituye un verdadero instrumento de integración.

### **M.3.1. La integración en la planificación del proyecto**

La elaboración del plan de desarrollo del proyecto, que integraría las planificaciones realizadas en el resto de áreas del proyecto, conlleva un conjunto de decisiones que, en la medida en que se encuadran en un nivel de planificación y al tener un carácter global, serán de gran trascendencia en el futuro desarrollo del proyecto.

Además, serán de especial interés los instrumentos generados en la teoría organizacional (descritos en el Apéndice N), tales como la “Estructura de Desagregación del Proyecto”<sup>6</sup> (Heredia, 1995). Serán integrables también de manera colateral cualquiera de las técnicas empleadas para la planificación, ejecución y control en las diversas áreas, y que serán comentadas posteriormente.

Por otro lado, cabe recordar que la función principal de la tarea de organización del proyecto es la definición de roles o papeles y responsabilidades en cada nivel de la estructura organizativa del mismo (Kenzner, 2001). En este sentido, es importante recordar la distinción entre los diferentes tipos de organizaciones identificados tradicionalmente en el ámbito del “Project Management” (descritas en el Apéndice N): funcional, matricial y por proyectos, con las matizaciones y estados intermedios que en ocasiones se distinguen (Turner, 1993).

La integración de dichos elementos organizativos con el sistema IDS propuesto aporta dos ventajas principales; en primer lugar el citado instrumento permite la toma de decisión en el ámbito de la organización del proyecto ya que supone una herramienta de evaluación de las posibles alternativas existentes. Por otro lado, en una hipotética toma de decisión donde se aplique dicha herramienta, la ordenación estructural del mismo permitirá llevar a cabo la evaluación de ciertos parámetros relativos, por ejemplo, al rendimiento de recursos.

### **M.3.2. La integración en el desarrollo del proyecto**

En este sentido, el sistema propuesto servirá, además, para analizar las diversas alternativas que puedan presentarse en lo relativo a cambios generales del proyecto, tanto en un nivel de planificación como en el posterior desarrollo y control. En dicha fase de control se suscitarán nuevas alternativas para adaptar el desarrollo real con la planificación inicial o para actualizarla en función de la marcha y los objetivos del proyecto, lo que conllevará nuevas tomas de decisión, en ocasiones de gran trascendencia, donde será aplicable la propuesta de esta tesis.

En este sentido cabe identificar también una creciente sensibilización en el sector de la construcción hacia este tipo de aspectos (Li et al, 2001), en especial en lo referente a la colaboración entre los diversos agentes del proyecto, de la misma o distinta organización (Boddy & Macbeth, 2000), articulada mediante lo que se ha convertido en un área de conocimiento denominada con el término anglosajón “partering”, que evoca el significado de asociación o colaboración entre las partes implicadas. Los ejemplos del

---

<sup>6</sup> La EDP es la versión castellana del término WBS (Work Breakdown Structure), de amplio uso en el ámbito anglosajón en este campo (PMI, 1996; Turner, 1993; Kenzner, 2001), etc.)

énfasis que se está haciendo en este aspecto son considerables (Jones & Riley, 1995; Black et al, 2000), hasta el punto de identificarlo como una de las principales tendencias en la actual industria de la construcción (McGeorge & Palmer, 1997). Entre los conceptos que introduce este enfoque cabe destacar el de trabajo en equipo de forma participativa y multidisciplinar (Jones & Riley, 1995)

#### M.4. EL ALCANCE DEL PROYECTO

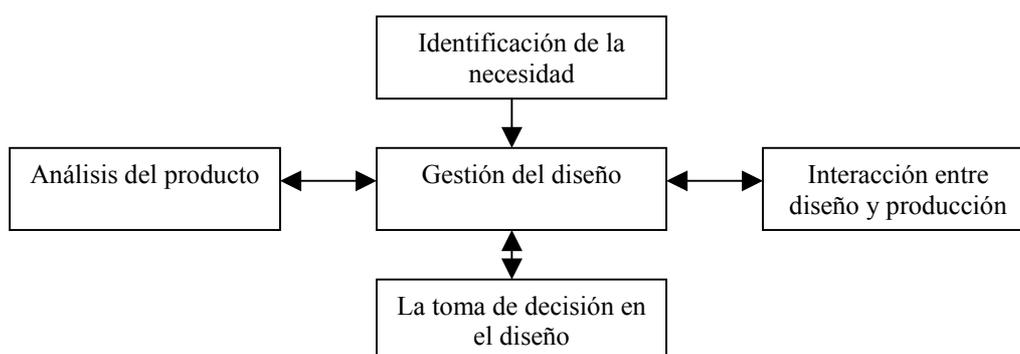
El alcance (“scope”) del proyecto, describe los procesos requeridos para asegurar que contenga todo y sólo el trabajo requerido para llevarlo a término de manera satisfactoria (PMI, 1996). Se trata, por tanto, de definir lo que debe incluirse en el mismo. A este respecto, el PMI (1996) distingue cinco aspectos en la definición del alcance de un proyecto (figura M.4):

- La iniciación
- La planificación del alcance
- La definición del alcance
- La verificación del alcance
- El control de cambios en el alcance

La trascendencia de este aspecto radica en la consideración de que la correcta planificación del alcance es uno de los modos más eficaces para evitar futuros problemas en el desarrollo del proyecto. En este sentido, Hymel (1997) llega a afirmar que la gestión de la construcción de un proyecto bien planificado no tiene por qué ser problemática. Relativizando quizá esta aseveración, tal vez demasiado optimista, cabe reconocer una importancia capital del papel de esta cuestión en el éxito futuro de la realización del proyecto. De hecho, durante los últimos años se observa una creciente sensibilización hacia la vertiente estratégica o de planificación en el ámbito de la gestión de proyectos (Grundy, 2000), materializada ya en ciertos trabajos de investigación en el ámbito español (Mestre et al., 2001).

Uno de los motivos de la importancia de esta cuestión se fundamenta en la relación del alcance con la definición del proyecto o producto, el cual no hace referencia únicamente a la vertiente de ingeniería y diseño formal, sino que tiene también un carácter marcadamente estratégico.

Por ello, para el estudio sistemático de esta faceta de la gestión se centra el análisis en el aspecto más paradigmático de esta vertiente; el diseño. Según lo comentado anteriormente, este concepto se entiende en un sentido amplio, que engloba desde aspectos de planificación hasta cuestiones específicas de ingeniería o control. Se plantea de esta manera un estudio integrado del mismo en relación con el ciclo de vida del proyecto o producto, y que engloba, por tanto, los aspectos citados anteriormente (planificación, definición, verificación, control, etc.). Para ello se propone el esquema de la figura M.6, que corresponde al flujo conceptual de la gestión del diseño.



**Figura M.6.** Esquema conceptual de las vertientes de la gestión del diseño

### M.4.1. La identificación y expresión de la necesidad

De cara a considerar la importancia de este aspecto baste observar, por ejemplo, cómo, en no pocas ocasiones, muchos de los problemas de funcionamiento de los edificios podrían evitarse con una mejor información del proyectista con relación a los usos para los que está proyectando. Dichos problemas, en definitiva, no son otra cosa que una deficiente definición del producto. Es en este contexto, por tanto, donde adquieren una mayor importancia las técnicas o procedimientos que ayuden a plasmar estos aspectos, y cuya integración en la propuesta de esta tesis se estudiará a continuación. En la tabla M.4 se recogen algunas de estas técnicas, las cuales se describen someramente en el Apéndice N.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- La especificación funcional de prestaciones (FPS)</li> <li>- La técnicas de marketing</li> <li>- La ergonomía</li> <li>- El diseño industrial</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.4.** Algunos de los métodos e instrumentos utilizados para la expresión de la necesidad (AFNOR, 1997)

En primer lugar, la especificación funcional de prestaciones (también denominada FPS<sup>7</sup>), es sin duda un instrumento de probada eficacia para este fin, si bien adolece de las limitaciones del enfoque funcional ya tratadas de forma extensa a lo largo de esta tesis.

Para ser conceptualmente coherente, esta especificación tendría que corresponder a las funciones identificadas en el análisis funcional del producto<sup>8</sup>, dado que, de lo contrario, sería necesaria una traducción, ya que puede haber variaciones entre las funciones identificadas por el cliente y por el proyectista o un hipotético equipo de trabajo que realizase un estudio del valor del producto. En cualquier caso, a pesar de no tener quizá una total coherencia, la información aportada sería de un gran valor.

Una especificación funcional de prestaciones supondría también una valiosa información para la alimentación del sistema aquí estudiado. Sin embargo, su aportación adolecería de un carácter más bien parcial, ya que únicamente haría referencia a un cuadrante de la matriz de identificación de requerimientos descrita en otras partes de la tesis; es decir, permitiría formular y especificar los requerimientos de uso en el nivel de calidad.

Por otro lado, de cara a diseñar un sistema de recogida de información coherente con el modelo propuesto y considerando las limitaciones del análisis funcional clásico identificadas en otras partes de la tesis, sería planteable una remodelación del actual FPS según lo descrito a continuación.

La información a aportar no sólo por el cliente, sino por todos los agentes que interviniesen tendría que estructurarse por requerimientos y procesos, de manera que,

<sup>7</sup> Se le denomina FPS en relación al término inglés original (Functional Performance Specifications).

<sup>8</sup> Recuérdese la definición del análisis funcional comentada en el apéndice I.

para cada uno de los requerimientos identificados, el cliente especificase sus objetivos, necesidades y condicionantes de forma general y por procesos de forma detallada. Como puede observarse, la información no sería ya referente a aspectos de uso, sino que entrarían en juego requerimientos de coste, plazo, sociales o medioambientales. Por tanto, el sistema IDS aporta una estructuración global para la obtención de información del cliente, más amplia y completa que la aportada por el enfoque clásico de la FPS.

Además de la técnica FPS anteriormente comentada, sería planteable también la integración de otro tipo de elementos de otras disciplinas que ayuden a identificar la necesidad o los requerimientos para la posterior definición del alcance. Entre ellas, se han destacado las técnicas de marketing, la ergonomía y el diseño industrial (AFNOR, 1997), si bien esta relación no pretende en modo alguno ser exhaustiva. Los instrumentos de estas áreas permitirán la incorporación de elementos que pueden suponer, según el caso, una entrada de información de gran valor para el sistema. A modo de ejemplo, en la figura M.7 se recoge un ejemplo de planteamiento del proceso de marketing en el ámbito de la construcción (Harris & McAffer, 1999), que puede dar lugar a entradas de información de gran valor para la definición de los proyectos de la organización considerada.

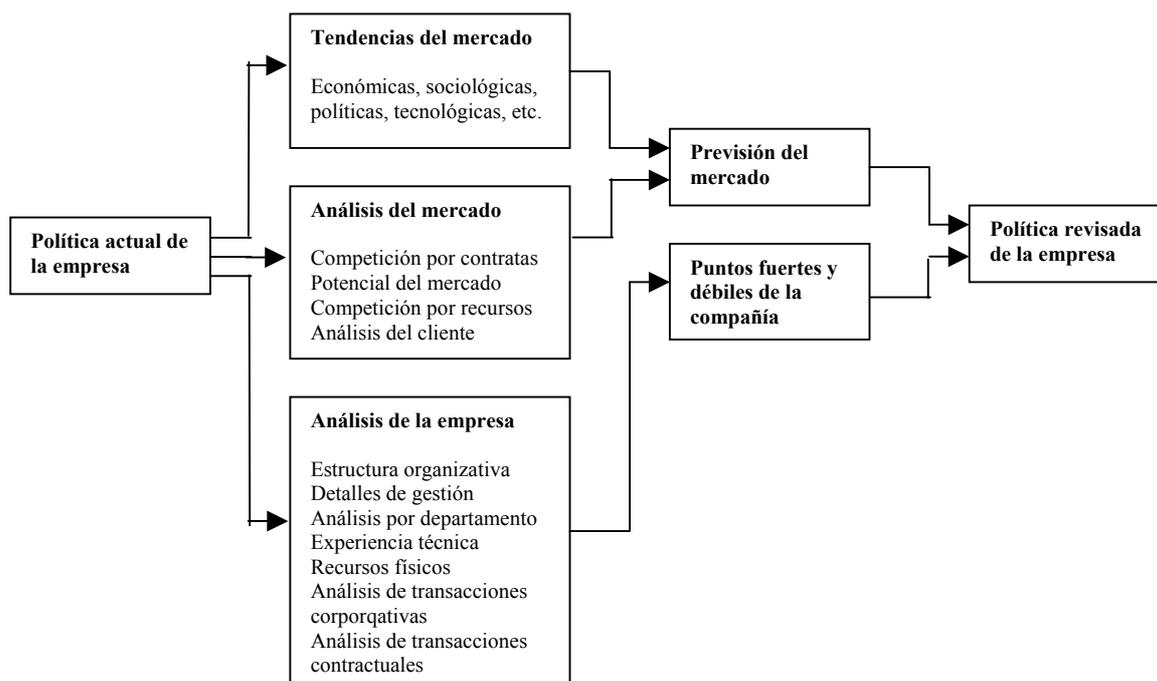


Figura M.7. Proceso de marketing para una empresa constructora (Harris & McAffer, 1999)

#### M.4.2. El análisis del producto

Otro punto importante en la definición del alcance es el análisis del producto del proyecto, el cual se realizará con base en el proceso de identificación de requerimientos anteriormente comentado. Para ello, será conveniente plantear un modo de evaluación o análisis del producto que permita comprenderlo a fondo.

En este sentido, en el análisis del producto serán integrables la metodología del valor, objeto de estudio en el capítulo 5 de la tesis, y otras técnicas de análisis y planteamiento del diseño (tabla M.5), como la QFD o el diseño a objetivos designados (y todas sus variantes).

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metodología del valor y análisis funcional</li> <li>- Diseño a objetivos designados: <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño centrado en el coste (DTC)</li> <li>Diseño centrado en el coste del ciclo de vida (DTLCC)</li> <li>Diseño centrado en objetivos (DTO)</li> </ul> </li> <li>- El despliegue de la función calidad (QFD)</li> <li>- Customer Oriented Product Concepting (COPC)</li> </ul>
--

**Tabla M.5.** Métodos de optimización de diseño de productos y procesos

En general cabe decir que de la descripción de la metodología propuesta puede deducirse que su integración con las metodologías de diseño es bastante directa, pues como se ha comentado en diversos puntos a lo largo del desarrollo de la tesis, supone un potente instrumento de análisis del producto abierto respecto a los diversos planteamientos, es flexible y adaptable a diversas entradas de información.

#### *El IDS y la QFD (Quality Function Deployment)*

En primer lugar, al analizar el planteamiento de la QFD, cabe observar que la herramienta de análisis que aporta queda reducida a un caso particular del enfoque del sistema propuesto en esta tesis, el cual pretende ser más amplio y global. Para demostrarlo, baste considerar el cuadrante la matriz de requerimientos (descrita en los capítulos 3 y 4 de la tesis), definido por el plano o nivel de calidad en la fase de uso. De este modo, se obtiene uno de los ejes considerados en la matriz del QFD, mientras que el otro eje lo constituirían los diversos componentes, a los cuales, considerados como punto de toma de decisión, se les aplicaría el método de evaluación descrito en el capítulo 3 e irían dando lugar a los diversos valores de la matriz de QFD.

Por otro lado, parece no haber referencias acerca de la utilización de la técnica QFD en el ámbito de la construcción, quizá debido a que el número de componentes puede llevar a pensar que es imposible construir la matriz QFD. Efectivamente, en sentido estricto es muy difícil abordar la construcción de esta matriz. Sin embargo, es planteable de forma teórica, considerando como componentes las unidades de obra o capítulos principales.

#### *Diseño a objetivos designados*

Con la denominación “Diseño a objetivos designados” se hace referencia al conjunto de metodologías análogas cuyos elementos esenciales se describen someramente en el Apéndice N. Tal vez las variantes más relevantes de este enfoque

metodológico sean el “Diseño centrado en el coste”<sup>9</sup> (DTC), el “Diseño centrado en el coste del ciclo de vida” (DTLCC) y el “Diseño centrado en Objetivos” (DTO).

En un análisis comparativo con la aportación de la presente tesis, desde un punto de vista conceptual, es interesante observar que en esta metodología el coste de producción previsto se considera una prestación, análoga a las de tipo técnico. De hecho, muestra una preocupación permanente por alcanzar un equilibrio entre el coste, las prestaciones de tipo técnico y los plazos. Este enfoque refuerza la tesis propuesta aquí según la cual los costes y en general todos los recursos son una prestación más como respuesta a un tipo de requerimiento de la misma naturaleza a satisfacer y que es parte, por tanto, de la definición del concepto de valor no como un denominador sino como un sumando más.

Por otro lado, en lo relativo a aspectos de carácter metodológico, el proceso de esta metodología (Apéndice N), presenta una clara relación con los conceptos estudiados a lo largo de esta tesis. De hecho, incluye en su proceso elementos de ingeniería del valor y gestión de riesgos. Por consiguiente, la aplicación del instrumento de toma de decisiones aquí expuesto al diseño a objetivos designados no presenta ninguna dificultad y sí muchas ventajas. Baste considerar, la hipotética aplicación del modelo en la etapa de diseño considerando tan sólo los requerimientos o niveles de estudio a los que se da prioridad en el diseño. En concreto, se ponderarían los requerimientos-objetivo y se asignaría un peso menor o nulo al resto. La integración, por tanto, iría en la línea de la utilización del sistema propuesto como herramienta de toma de decisión a lo largo del proceso planteado por esta metodología de gestión del diseño.

#### M.4.3. La interacción entre diseño y producción

Otro punto interesante a estudiar sería la integrabilidad de la propuesta con las metodologías orientadas a la interacción entre el diseño y la producción. (tabla M.6). En este sentido, considerando que las citadas metodologías constituyen más bien enfoques generales, el sistema propuesto se integraría también como un instrumento de toma de decisión a aplicar en los diferentes contextos.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Ingeniería simultánea (CE)</li><li>- Diseño centrado en la fabricación y el montaje (DFMA)</li><li>- Target Costing</li><li>- Cambio de utillaje en 10 minutos (SMED)</li><li>- Technology Road Map (TR)</li><li>- Apoyo logístico integrado (ILS)</li></ul> |
|--|

**Tabla M.6.** Metodologías de integración del diseño y la producción

<sup>9</sup> A este respecto, es interesante citar la distinción realizada por Dean & Unal (1992) entre lo que denominan “design for cost” y “design to cost”. Mientras que el primero sería un diseño de cara a reducir costes y aumentar el desempeño de las funciones, el “design to cost” sería un diseño iterativo hasta ajustar el coste a un presupuesto prefijado. Existe, por lo tanto, una diferencia de matiz entre una orientación general (design for cost) y un objetivo o meta concreta cuantificable a alcanzar y que marcará de forma tangible el éxito o fracaso del desarrollo del proyecto.

Tal vez merece una mención especial la técnica conocida como “Technology Road Map”, que podríamos traducir libremente como “Mapa de tecnologías”. En este sentido, la citada técnica podría constituir un instrumento auxiliar de evaluación a integrar el sistema propuesto de cara a la evaluación de diversas tecnologías a aplicar en la etapa de diseño de un producto.

#### M.4.4. La toma de decisión en el diseño

La definición y planificación del alcance comporta una serie de toma de decisiones que serán de mayor o menor trascendencia según el punto del ciclo de vida que se considere. De hecho, la definición del alcance comporta decisiones de todo tipo, desde la oportunidad o no de llevar a cabo el proyecto, su concepción según la planificación estratégica o aspectos de diseño o posterior modificación del mismo. En este sentido, la herramienta de toma de decisión propuesta en esta tesis tendrá una interesante aplicación, según se ha demostrado a lo largo del desarrollo de la tesis, con el valor añadido de su carácter integrador, de manera que constituye una sugestiva articulación práctica de ambas áreas de la gestión de proyectos. El sistema IDS propuesto es integrable también con los métodos de toma de decisión utilizados en la etapa denominada “de iniciación del alcance” (PMI, 1996), entre los que destacan los recogidos en la tabla M.7.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ métodos de comparación</li> <li>▪ modelos de puntuación</li> <li>▪ modelos económicos</li> <li>▪ métodos matemáticos de optimización mediante algoritmos de programación lineal, no lineal, dinámica, integer o multiobjetivo</li> <li>▪ análisis coste/beneficio</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.7.** Herramientas auxiliares para la toma de decisión (PMI, 1996)

Todos estos métodos, que tienen un enfoque parcial dirigido a un aspecto concreto, servirían para la medida o cuantificación de los parámetros de respuesta del modelo. Por ejemplo, los modelos matemáticos de optimización se integrarían en el modelo propuesto evaluando algunos de los posibles parámetros de respuesta como el tiempo de proceso. Los modelos económicos, por su parte, aportarían una cuantificación de parámetros de tipo monetario como la rentabilidad u otros semejantes.

Por otro lado, modelos especializados como el AHP (Analytical Hierarchy Process) de Saaty (1981 y 1990), o el “Logical Framework Analysis” (PMI, 1996), serían integrables también en la evaluación de ciertos parámetros. Baste pensar, por ejemplo, en la utilización de la técnica AHP para la evaluación de los pesos de los diversos requerimientos comentada en otras partes de la tesis.

También se ha hablado extensamente de la integración de técnicas más generalistas como los árboles de decisión o el “forced choice”, que han servido de inspiración para la creación del árbol de requerimientos propuesto en esta tesis, el cual ha pretendido generalizarlos e integrarlos mediante una herramienta que recoja todas sus ventajas.

## M.5. LA GESTIÓN DE COSTES

El PMI (1996) incluye las siguientes actividades en la gestión de costes del proyecto (figura M.4):

- Planificación de recursos
- Estimación de costes
- Presupuestación de costes
- Control de costes

Del mismo modo que las anteriores vertientes del proyecto, la gestión de costes se extiende a lo largo del ciclo de vida del mismo, de manera que abarca aspectos de planificación (como el costeo del ciclo de vida, la presupuestación y la estimación de costes), y de control.

Por su evidente importancia, entorno a esta faceta de la gestión se han desarrollado diversas técnicas y procedimientos cuya integración con el sistema propuesto se estudiará a continuación. El esquema de análisis será el siguiente (figura M.8),



**Figura M.8.** Esquema de análisis de los diversos aspectos de la gestión de costes de un proyecto

### M.5.1. La evaluación económica de proyectos

#### *Las variables económicas de un proyecto*

Las diversas técnicas de evaluación económica de inversión y financiación desarrolladas en el entorno de las ciencias empresariales (recogidas, por ejemplo, en de Pablo et al, 1987) constituyen un elemento importante a integrar en el sistema IDS. Los diferentes índices de evaluación desarrollados en el citado entorno constituirán parámetros de medida de la satisfacción en referencia a los requerimientos que hacen referencia a la vertiente económica del proyecto.

Refuerza esta consideración la creciente incorporación de este tipo de técnicas en lo que ha venido a denominarse “Evaluación (económica) de proyectos” o “Ingeniería económica”<sup>10</sup>, cuya formulación básica se recoge en la tabla M.8.

<sup>10</sup> En denominación internacional “Engineering Economics”

<b>A. Pagos simples</b>	1. Cantidad futura; (F/P, i%,n)	$F = P(1 + i)^n$
	2. Valor presente; (P/F, i%,n)	$P = F \left[ \frac{1}{(1 + i)^n} \right]$
<b>B. Series uniformes</b>	3. Valor futuro; (F/A, i%,n)	$F = A \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$
	4. Fondos comprometidos; (A/F, i%,n)	$A = F \left[ \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$
	5. Valor presente; (P/A, i%,n)	$P = A \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right]$
	6. Recuperación del capital; (A/P, i%,n)	$A = P \left[ \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$
<b>C. Gradiente aritmético</b>	7. Series uniformes equivalentes; (A/G, i%,n)	$A = G \left\{ \frac{1}{i} - \frac{n}{i} \left[ \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right] \right\}$
<b>Notas</b>		
A: Coste anual		i: índice de interés
F: Coste futuro		n: número de años considerado
P: Coste presente		G: Gradiente anual de coste

**Tabla M.8.** Formulas de cálculo de la variación temporal del dinero utilizadas en el estudio económico de proyectos de ingeniería (Pilcher, 1992)

Baca (1990) distingue cuatro tipos de análisis para la estructuración de la evaluación de proyectos:

- el análisis de mercado
- el análisis técnico-operativo
- el análisis económico-financiero
- el análisis socio-económico

Como puede observarse, en su propuesta aparecen mezclados elementos de los dos ejes considerados a lo largo de esta tesis: el temporal (ciclo de vida) y el correspondiente a los cinco niveles de desempeño identificados (económico, temporal, calidad, social y medioambiental). Claramente el estudio de mercado podría encuadrarse en la etapa de planificación en los cinco niveles anteriores, el análisis técnico operativo correspondería al nivel de calidad, el económico-financiero al nivel económico y el socio-económico al nivel social con algunos elementos correspondientes al nivel medioambiental.

La evaluación económica deberá tener en cuenta las variaciones financieras así como las diferentes entradas y salidas de capital a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Deberán considerarse, por tanto, las depreciaciones y amortizaciones, la planificación de inversiones, el pago de deudas y los diversos tipos de costes (de producción, de administración, de venta, financieros, etc.).

Para la integración temporal de todos estos aspectos, se adoptarán las formulas clásicas de transformación (tabla M.8) de manera que, en lo referente a los costes, obtendríamos los denominados “costes del ciclo de vida” (Life Cycle Cost ó LCC) y los consiguientes beneficios, integrados mediante el concepto de “rendimiento” (de Pablo, 1987).

#### *Los criterios de selección de proyectos de inversión*

Según la variable escogida como índice en cada caso, se definen los diversos criterios de evaluación clásicos (tabla M.2):

Criterio		Variable
Denominación en español	Denominación internacional	
Valor presente neto (VAN ó NPV)	Net Present Value (NPV)	P
Comparación de costes, beneficios anuales o rendimiento (rentabilidad) media	Anual	A
Tasa interna de retorno (TIR)	Internal Rate of Return (IRR)	i
Periodo de retorno de la inversión (PRI)	Return of Investment (ROI)	n

**Tabla M.9.** Algunos métodos de comparación económica de proyectos de ingeniería

Estos criterios de decisión pueden ser parciales o globales (De Pablo, 1987), según se tengan o no en cuenta todos los rendimientos netos así como su situación temporal y vencimiento. Por otro lado, según los mismos autores, la inversión puede ser simple o no, en función de si existen o no rendimientos negativos.

Además, el cálculo de estos criterios varía según se consideren condiciones deterministas o de incertidumbre (De Pablo, 1987). En este último caso, entrarían en juego instrumentos matemáticos de modelización del riesgo como valores esperados, coeficientes reductores, desviaciones típicas, varianzas, distribuciones de probabilidad y, en general, toda la maquinaria estadística para el tratamiento de la incertidumbre mediante el cálculo probabilístico. En cualquier caso, es interesante observar que los conceptos permanecerían inmutables, si bien su articulación matemática será más rica y general. Por otro lado, la descripción y análisis del tratamiento probabilístico se ha abordado con amplitud en otras partes de esta tesis.

Además, a lo largo de los años se han desarrollado una gran variedad de índices, ratios o razones financieras que miden diversos aspectos. Entre estos últimos pueden distinguirse, entre otros (Baca, 1990);

- razones de liquidez (tasa circulante, prueba del ácido)
- tasas de apalancamiento (razón de deuda total a activo total, número de veces que se gana el interés)

- tasas de actividad o rotación de inventarios (periodo medio de recolección, rotación de activo total)
- tasas de rentabilidad, (tasa de margen de beneficio sobre ventas, rendimiento sobre activos totales, tasa de rendimiento sobre el valor neto de la organización)

Todos estos criterios y variables económicas serán eventuales entradas del sistema IDS propuesto, dependiendo del interés particular que se les otorgue en cada caso de aplicación. Obviamente, debe quedar claro que, a pesar de su carácter cuantitativo, su información será siempre matizable, ya que en su cálculo influirán aspectos susceptibles de interpretación subjetiva, así como una simplificación en las hipótesis propia de toda formulación matemática. En cualquier caso, aportarán una información interesante a integrar en el modelo cuando existan los datos requeridos para su cálculo.

### *El análisis coste/beneficio*

No debe cerrarse este apartado sin tratar una de las técnicas clásicas más extendidas en el entorno de evaluación económica de proyectos; el análisis coste/beneficios. Este concepto engloba una considerable diversidad de procedimientos análogos que en definitiva tratan de estimar el balance entre las ventajas que reporta la consecución del proyecto y el coste que supone llevarlo a cabo. Obviamente, este tipo de análisis no tiene por qué circunscribirse al ámbito económico, y tampoco implica de forma necesaria una evaluación numérica, ya que puede llevarse a cabo mediante un informe descriptivo sin un procedimiento estandarizado.

En cualquier caso, por la mayor facilidad que implica la cuantificación de aspectos monetarios, gran número de sus aplicaciones se ciñen a un simple balance de costes e ingresos. En este sentido, si bien en muchos casos el balance se calcula como una resta entre ambos factores, también pueden encontrarse índices de coste-beneficio calculados como un cociente entre el valor actual neto (VAN ó NPV) y la suma total de los costes del proyecto (De Pablo, 1987).

En cualquier caso, el análisis coste/beneficio será siempre una entrada del sistema IDS propuesto, cuya información se racionalizará en parámetros a introducir en la maquinaria diseñada de análisis y evaluación. Obviamente, dicha información podrá ser de carácter cuantitativo o cualitativo, ya que ello no condiciona su integración. Respecto a su formato de entrada, parece más lógico separar sus dos tipos de elementos (costes y beneficios) para que sirvan de parámetros de respuesta a los requerimientos planteados, ya que su introducción como cociente no respondería a ningún requerimiento convencional. Sea como fuere, este aspecto se deja abierto al criterio adoptado en la práctica en cada caso concreto.

### **M.5.2. La estimación de costes**

También serán integrables en como entradas del sistema IDS propuesto los diversos métodos y herramientas de estimación de costes (tabla M.10), ya sea en un nivel teórico como en sus implementaciones informáticas. Dependiendo del nivel de estudio fijado, se utilizarán directamente este tipo de técnicas, o bien como alimentación

de las anteriores metodologías de evaluación de proyecto, por ejemplo en la estimación de rentabilidad (para lo que será necesario un paso previo de estimación de costes y presupuestación).

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Método paramétrico</li> <li>- M. exponencial</li> <li>- M. por analogía:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- mediante fórmulas y tablas a partir de datos históricos (step counting methods)</li> <li>- mediante proporción respecto a ciertas variables (superficie, potencia...etc.). Se denominan “métodos exponenciales”</li> </ul> </li> <li>- M. analítico o estimación detallada</li> </ul> |
|--|

**Tabla M.10.** Métodos de estimación de costes

En el ámbito de la construcción, la estimación de costes sigue siendo hoy en día un tema de amplio interés por motivos evidentes. Ello implica que serán muchos y variados los posibles modos de estimar los eventuales parámetros de coste que intervengan en una cierta toma de decisión donde se lleve a cabo una hipotética aplicación del modelo. De hecho, además de las metodologías citadas, se sigue recurriendo a otros conceptos ya clásicos como la simulación (Elkjaer, 2000) u otros modelos de corte cuantitativo más sofisticados (Wang & Huang, 2000). En cualquier caso, la estimación de costes es un campo con un alto grado de incertidumbre (Chapman et al., 2000), por lo que, en este sentido, será de gran importancia el tratamiento del riesgo propuesto en la presente tesis, especialmente en lo relativo al tratamiento de los riesgos especulativos.

Por otro lado, pueden ser también de gran utilidad para la visualización y síntesis de aspectos económicos determinadas modelizaciones utilizadas en el ámbito de la gestión de proyectos. Dichos modelos son aplicables también en otro tipo de aspectos (como, por ejemplo, los espacios de un proyecto, su distribución energética, etc.).

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelos espaciales</li> <li>▪ Modelos de calidad</li> <li>▪ Modelo de energía</li> <li>▪ Modelo de coste del ciclo de vida</li> </ul> |
|--|

**Tabla M.11.** Modelos de coste de proyectos constructivos (Dell’Issola, 1997)

### M.5.3. El control de costes

Al igual que en otros aspectos, existe una gran variedad de procedimientos de control de costes, según el país, el tipo de industria o la organización que lleve a cabo el proyecto. Por su frecuencia de aparición en la literatura de gestión de proyectos y por su amplia difusión, principalmente en los Estados Unidos, se ha optado por adjuntar una definición de índices de control para el seguimiento del avance del proyecto (tabla M.12). Estos resultados suelen recogerse en forma de tabla o bien visualizarse mediante lo que suele denominarse “curvas en S” (figura M.9), y que en definitiva no son sino un gráfico de evolución temporal<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Utilizando la terminología recogida por Ricard et al. (1993) (apartado M.2)

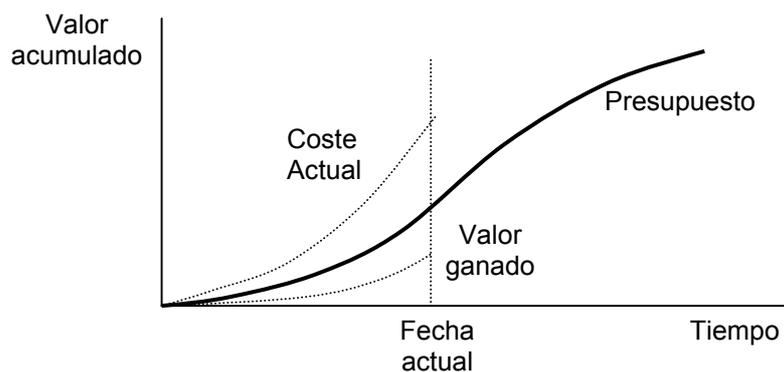
Variación de coste (Cost Variance):	$CV = BCWP - ACWP$
Variación de plazos (Schedule Variance):	$SV = BCWP - BCWS$
Índice de desempeño de costes (Cost Performance Index):	$CPI = BCWP / ACWP$
Índice de desempeño de plazos (Schedule Performance Index):	$SPI = BCWP / BCWS$
BCWP: Coste presupuestado del trabajo realizado (Budgeted Cost of Work Performed)	
BCWS: Coste presupuestado del trabajo planificado (Budgeted Cost of Work Scheduled)	
ACWP: Coste Actual del trabajo realizado (Actual Cost of Work Performed)	

**Tabla M.12.** Indicadores de desempeño utilizados en el ámbito de la gestión de proyectos (PMI, 1996; Kerzner, 2001)

Al igual que en el control de resultados en otras vertientes de la gestión del proyecto (por ejemplo, la calidad o los plazos), para el análisis de los resultados económicos pueden utilizarse las herramientas de gestión recogidas en la figura M.6., así como otras de carácter más específico, como el caso del “cubo de control de costes”, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (Turner, 1993).

Estos índices, sus variantes y en general todos los indicadores de control de costes pueden ser aplicables al modelo propuesto en esta tesis integrándolos entradas del sistema en lo referente al parámetro de medición de los requerimientos de tipo económico.

Por otro lado, sería integrable como herramienta de toma de decisión en etapas avanzadas del desarrollo del proyecto, por ejemplo en lo referente a cambios introducidos en el mismo. Por tanto, según la modelización del ciclo de vida adoptada, su hipotética aplicación en este sentido se encuadraría en lo que se ha denominado fase de “materialización” (Aguado y Casanova, 1997).



**Figura M.9.** Gráfico en “S” de informe de desempeño (Turner, 1993; PMI, 1996)

Un posible caso de aplicación sería, por ejemplo, una toma de decisión acerca de una posible medida correctora o un cambio o modificación respecto al diseño inicial del proyecto. Baste considerar a este respecto el caso de un jefe de obra que se plantee qué hacer respecto a una no conformidad identificada en los trabajos de construcción

realizados hasta el momento. Consideremos, por ejemplo, que existe una desviación fuera de tolerancia en el aplomado de ciertos pilares de la estructura metálica que se acaba de ejecutar o bien se ha producido una desviación presupuestaria en cierta partida. Obviamente, los requerimientos principales de su toma de decisión serán que el coste la obra no exceda la cantidad ofertada, que no se retrase la fecha de entrega y que el cliente acabe satisfecho por la calidad de la obra ejecutada.

En esta tesitura, los indicadores de control de costes constituirían una base para el cálculo del parámetro de coste según la previsión del resultado de cada una de las alternativas. Por ejemplo, si en el caso anterior consideramos dos alternativas: desmontar los pilares desviados o dejarlos como están, la previsión del coste obtenido mediante la adopción de cada una de las alternativas se calcularía a partir de los indicadores de control obtenidos hasta el momento de la toma de decisión.

Como es obvio, el sistema IDS propuesto podría integrarse así mismo como herramienta de toma de decisión en una elección de tipo económico.

## M.6. LA GESTIÓN DEL TIEMPO

El Manual del PMI (1996) identifica cinco actividades básicas constituyentes de la gestión de tiempos en el proyecto (figura M.4):

- Definición de actividades
- Secuenciación de actividades
- Estimación de la duración de actividades
- Elaboración del programa de actividades
- Control de tiempos

En este análisis se englobarán las cuatro primeras actividades en lo que se denominará “planificación de tiempos” por considerarse íntimamente relacionadas e integrantes del mismo concepto, y el “control de tiempos”, que hace referencia al control de la planificación previamente desarrollada. Es decir, el esquema de análisis propuesto se reducirá en este caso al recogido en la figura M.10.



**Figura M.10.** Esquema de análisis de la gestión de tiempos de un proyecto

### M.6.1. La planificación de tiempos

La vertiente temporal del proyecto es, sin duda, un factor de capital importancia en el éxito del mismo. Su carácter fácilmente cuantificable ha provocado que sea uno de los aspectos en torno al cual surgieron las primeras herramientas matemáticas en el ámbito de la gestión de proyectos. Ejemplo de ello son las conocidas herramientas de gestión recogidas en la tabla M.13.<sup>12</sup>,

<ul style="list-style-type: none"> <li>- PERT (Programme Evaluation and Review Technique)</li> <li>- GERT (Graphical Evaluation and Review Technique)</li> <li>- CPM (Critical Path Method)</li> <li>- El grafo ROY</li> <li>- El diagrama de GANTT</li> </ul>
--

**Tabla M.13.** Algunas de las herramientas clásicas de programación de actividades

En el ámbito de la construcción y gestión de proyectos la propuesta de mejoras y variantes en este sentido es un tema recurrente (Abbasi & Mukattash, 2001; Chelaka et al, 2001, etc.). Todas ellas, junto con las ya existentes, constituirán un conjunto de alternativas para la estimación de los parámetros respecto a requerimientos de carácter

<sup>12</sup> En este sentido, es interesante citar la clasificación de estas herramientas propuesta por Voropajev et al. (2000), que incluye así mismo un interesante estudio sobre las mismas. En aras a la obligada brevedad del análisis no se ha incluido ninguna reflexión entorno a la citada aportación, si bien cabe destacar su indudable interés.

---

temporal a integrar en el sistema IDS propuesto. Entre dichos parámetros destacan, por ejemplo, las duraciones de las diversas actividades relacionadas, sus holguras, el cálculo de los plazos de terminación, etc.

Consideremos un ejemplo en el que el requerimiento considerado fuese la máxima reducción posible del tiempo de construcción. En este caso, el parámetro correspondiente sería obviamente el tiempo de construcción, cuyo cálculo se articularía mediante las herramientas consideradas anteriormente (tabla M.13).

### **M.6.2. El control de tiempos**

Para el control de tiempos se utilizarán herramientas análogas a las ya recogidas en apartados anteriores (por ejemplo, en lo relativo a la gestión de costes). Al ser, al igual que el coste, un parámetro cuantificable por naturaleza, el tratamiento y las posibilidades de aplicación del modelo en estudio serían semejantes. Por consiguiente, valga como explicación el ejemplo comentado anteriormente al hablar del control de costes, el cual no se adjunta por considerarse redundante.

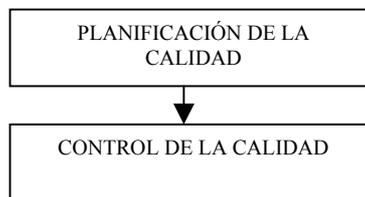
Obviamente, el sistema IDS propuesto puede integrarse también como herramienta de toma de decisión acerca de un aspecto relacionado con la vertiente temporal del proyecto.

## M.7. LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN UN PROYECTO

El PMI (1996) distingue las siguientes actividades en la gestión de la calidad de un proyecto (figura M.4):

- Planificación de la calidad
- Aseguramiento de la calidad
- Control de la calidad

Sin embargo, el análisis de este apartado se planteará asumiendo dos grandes aspectos: uno relativo a aspectos estratégicos, centrado en el enfoque de la calidad como mejora continua, aseguramiento, gestión total, etc. y otro de carácter más operativo, entorno al control de la calidad. Por tanto, el esquema de trabajo se articulará según la figura M.11.



**Figura M.11.** Esquema de análisis de la gestión de la calidad en un proyecto

### M.7.1. La planificación de la calidad

En primer lugar, sería interesante estudiar la integración en un plano más general, como enfoque general. Para ello es imprescindible considerar los grandes planteamientos de la gestión de la calidad, recogidos en la tabla M.14 y descritos en el Apéndice N. Entre ellos, destacan especialmente los del ámbito japonés, por su importancia histórica en el origen de la gestión de la calidad.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- El enfoque Hoshin Kanri</li> <li>- La filosofía Kaizen</li> <li>- El método Poka Yoke</li> <li>- Los métodos de Taguchi</li> <li>- El aseguramiento de la calidad</li> <li>- La seguridad de funcionamiento</li> <li>- El control total de la calidad (TQC)</li> <li>- La gestión total de la calidad (TQM)</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.14.** Algunas de las metodologías y enfoques para la gestión de la calidad

#### *La calidad y el valor*

Del análisis anterior podría extraerse que el enfoque del valor viene a ser un paso posterior al aseguramiento de la calidad, de manera que una vez se consigue diseñar un sistema que garantice que las cosas se hacen según lo previsto, se analiza el valor de los productos, ya existentes o nuevos, de cara a reducir costes y aumentar el desempeño.

Este análisis sería inútil sin un sistema de calidad efectivo que asegure la correcta ejecución del producto.

De hecho, la calidad y el valor estrecharon su relación tras la evolución del concepto de calidad desde el control a la concepción de esta como la satisfacción de las necesidades del cliente. De esta manera, un sistema de gestión de calidad puede entenderse como un modo para conseguir cumplir las funciones que satisfacen los requerimientos del cliente. Sin embargo, el concepto de valor iría más allá, ya que intentaría mejorar el cumplimiento de esas funciones al mínimo coste.

En cualquier caso, dada la considerable diversidad de interpretaciones de estos conceptos que pueden encontrarse, esta relación descrita entre ambos conceptos entra en el campo de lo opinable. Lo que sí parece evidente, sin embargo, es una clara tendencia de integración entre las disciplinas de la gestión de la calidad y el valor, y de estas con los métodos de gestión de proyectos. Prueba de ello son las continuas referencias e intentos de integración que pueden encontrarse en la literatura de estos ámbitos (por ejemplo, Lenzer, 1999; Ried, 1997). La razón radica tal vez en que todas ellas solapan sus dominios de aplicación en diversos puntos y mantienen una estrecha relación, lo que lleva a plantear la conveniencia de su integración unitaria.

#### *El IDS y los enfoques de la calidad*

En este contexto analizado, el sistema propuesto se perfila como una herramienta de toma de decisiones que puede adaptarse en cualquiera de los enfoques citados. Probablemente, donde más desarrollará su potencialidad será en un planteamiento de gestión total de la calidad (TQM). En definitiva, el índice de valor propuesto en esta tesis puede ser un buen modo de integrar la información aportada por los distintos parámetros de control de calidad en orden a medir la evolución del proyecto o incluso de la organización en un contexto de mejora continua.

### **M.7.3. El control de la calidad**

El control de calidad de toda actividad industrial se articula principalmente con base en dos elementos;

- los ensayos y el control estadístico
- Las herramientas de monitorización y análisis de resultados

#### *Los ensayos y el control estadístico de la calidad*

En primer lugar, los métodos de diseño experimental<sup>13</sup> tienen importancia desde el punto de vista del IDS dado que no son tan sólo un medio de control de fallos de producción, sino que juegan un papel importante en el desarrollo y mejora de la organización o el proyecto. Al aportar información sobre las causas y no sólo sobre los

---

<sup>13</sup> Según Montgomery (1991) "El diseño de un experimento es un test en el que se cambian intencionadamente las variables de un proceso o sistema para poder observar e identificar las razones de los cambios en la respuesta del mismo"

efectos, constituyen un modo de articular la mejora continua, y una fuente de resultados que servirán como entradas del sistema IDS en lo relativo a la calidad de producción del proyecto. Serán, por tanto, una base de información para la toma de decisiones en este u otros aspectos.

Por otro lado, el diseño de experimentos<sup>14</sup> constituirá un eventual punto de aplicación del IDS, pues afecta a la cantidad de esfuerzo (es decir, al coste), y a la calidad del resultado.

Obviamente el control de calidad no se reduce a la realización de ensayos, sino que implica también otro tipo de controles que incluyen, por ejemplo, desde la inspección visual hasta la comprobación del funcionamiento, los cuales pueden constituir entradas cualitativas del sistema.

En definitiva, la integración de estos aspectos en el sistema es coherente con el enfoque de la calidad como algo más allá del control estadístico, de manera que este quede englobado en un planteamiento más amplio, sin perder su vigencia.

#### *Las herramientas de monitorización y análisis de resultados*

Tras la obtención de los resultados provenientes de ensayos, controles e inspecciones, es imprescindible un tratamiento adecuado de esta información para lograr retroalimentar de forma eficaz el sistema de calidad y para que sirvan de apoyo a la toma de decisión. Para ello, se han desarrollado un conjunto de técnicas de tratamiento de estos resultados, cuyo objetivo es permitir la visualización de los mismos. Las más utilizadas son las comentadas al principio del apéndice y recogidas en la tabla M.3.

Por tanto, este tipo de información constituirá una entrada de gran valor para el sistema IDS propuesto, ya que se integrará como parámetro de medición de los requerimientos de calidad. Obviamente, su aplicación se orienta más bien hacia etapas de desarrollo del proyecto, en lo relativo a tomas de decisión acerca de posibles actuaciones para corregir o mejorar los resultados. Sin embargo, pueden ser integrables también en la fase de planificación, como información relativa a los resultados de otros proyectos que guarden cierta similitud con el estudiado.

En este sentido, según lo indicado por el manual del PMI (1996) son también de utilidad las herramientas matemáticas de análisis de tendencias, en orden a predecir la evolución de los resultados futuros con base en los obtenidos y tomar las medidas oportunas.

Finalmente, podría plantearse la aplicación de los resultados del control de calidad como medida del riesgo. Según este planteamiento, se estimaría la probabilidad de ocurrencia de un cierto fallo a partir de los resultados obtenidos mediante el enfoque y

---

<sup>14</sup> En terminología anglosajona DOE o “Design of experiments”. Es la aplicación de ciertos criterios a una muestra estadística en orden a minimizar el número de experimentos necesarios para obtener la respuesta a un problema o minimizar la varianza de los coeficientes de estimación obtenidos mediante la regresión.

las herramientas de gestión de la calidad. Esta información serviría para calcular el valor de ciertas alternativas de toma de decisión integrando el riesgo de ese fallo.

En resumen, las metodologías, técnicas, herramientas y enfoques de gestión de la calidad aportan un interesante cuerpo teórico a integrar en la vertiente de calidad del modelo propuesto. La relación entre valor y calidad, aunque intuitiva, no ha sido estructurada hasta ahora de cara al diseño de una herramienta compacta que permita homogeneizar resultados diversos.

Para ello, es imprescindible fijar los conceptos de “calidad” y “valor”. De lo dicho hasta ahora, puede concluirse que el valor es un concepto más general, que englobará la calidad como una de sus vertientes. A estos efectos, se asume la definición de calidad como satisfacción de los requerimientos del cliente, si bien de un tipo de ellos, los que hacen referencia al objeto del producto o proyecto considerado. El valor, por consiguiente, englobará estos requerimientos y otros de carácter económico, temporal, social y medioambiental, de manera que, se convierte en una “medida de elección” (Dean, 1993), en un criterio integrado de decisión.

Por tanto, los datos recogidos de los histogramas de número de defectos, grado de satisfacción del cliente, etc., así como del resto de las herramientas utilizadas en la gestión de la calidad, serán de utilidad en la estimación de parámetros de medición del grado de satisfacción de los requerimientos de calidad en el enfoque general del valor.

Por otro lado, la medida del valor propuesta permite estimar de forma cuantitativa e integrada la evolución de la organización (según se comenta en el capítulo 7) o de un determinado producto en lo relativo a la calidad, ya que normaliza e integra de forma coherente resultados de carácter diverso. Por ejemplo, sería posible articular el gráfico clásico de la mejora continua, de carácter meramente descriptivo, mediante la representación en el eje de las ordenadas del índice de valor propuesto en esta tesis aplicado a un producto o a la organización. Para ello puede tomarse el índice general del valor o la proporción de este correspondiente al nivel de calidad.

## M.8. LA GESTIÓN DE RIESGOS

La gestión de riesgos es una disciplina de creciente importancia en el ámbito de la gestión en general y más específicamente en el entorno de la gestión de proyectos, dado que la complejidad de los múltiples factores que intervienen supone la existencia de amenazas de diversa índole y un grado de incertidumbre considerable acerca de los resultados.

Por otro lado, tal como se ha puesto de manifiesto en otras partes de la tesis, en el ámbito de la construcción, el riesgo cobra una especial importancia, dado que se trata de una actividad industrial que, por sus características, tiene un margen de seguridad en todos los niveles muy inferior al de otras actividades industriales. Su escasa repetibilidad y capacidad de estandarización, la dependencia frente a factores climatológicos y a la gran cantidad de agentes y organizaciones que intervienen en un proyecto constructivo son algunos de los factores que hacen que el grado de incertidumbre de esta actividad sea sensiblemente superior al del resto de industrias.

En este contexto, el estudio de los riesgos que conlleva un proyecto constructivo cobra un gran interés, y de ahí la proliferación de estudios al respecto de los últimos años y el gran interés suscitado entre los profesionales del sector (Flanagan & Norman, 1993). A pesar de que los métodos de gestión de riesgo en este ámbito son más bien generalistas, no ha habido especiales dificultades en su adaptación en los diferentes tipos de proyectos (Norton & McElligot, 1995).

La gestión de riesgos de un proyecto puede realizarse a través del uso de un sistema que identifica y analiza los riesgos y aporta un mecanismo por el cual pueden ser tratados. Este sistema está articulado normalmente mediante un plan de gestión de riesgos del proyecto derivado de un proceso estructurado que incluye una evaluación y categorización, un análisis y una propuesta referente a la respuesta frente a los mismos (tabla M.15).

<b><u>Partes de un estudio de riesgos</u></b>	
-	Identificación y origen (riesgos dependientes e independientes)
-	Clasificación
-	Análisis
-	Impactos (proyecto, organización, medioambiente, mercado, industria o sociedad)
-	Consecuencias (frecuencia, severidad, predictabilidad)
-	Respuesta y actitud
-	Retención o absorción
-	Reducción
-	Transferencia
-	Evitación

**Tabla M.15.** Estructuración de un estudio tipo de riesgos según Flanagan & Norman (1993)

El cuerpo de conocimiento del PMI (1996) propone un proceso similar, estructurado en las siguientes actividades (figura M.4):

- Identificación de riesgos
- Evaluación de riesgos
- Desarrollo de las respuestas a los riesgos
- Control de las respuestas a los riesgos

En torno a este esquema general de trabajo se han incorporado un conjunto de herramientas de apoyo metodológico, cuya naturaleza y posible integración con la metodología propuesta en esta tesis se estudiará a continuación. Si bien algunas de ellas han sido tratadas ya en otras partes de la tesis, en este apartado se abordará en su conjunto desde el punto de vista de su posible interacción e integración con la metodología objeto de esta tesis. Finalmente cabe comentar que, a pesar de que el estudio realizado en este apéndice esté orientado hacia el sector de la construcción, conservará en todo momento su carácter general.

Para el estudio sistemático del objeto de este apartado, se planteará el siguiente proceso de análisis, que pretende suponer una síntesis de los procesos de trabajo anteriormente comentados,



**Figura M.12.** Esquema del análisis de la gestión de riesgos en los proyectos

### **M.8.1. La identificación y clasificación de riesgos**

Por su carácter cualitativo, entorno al proceso de identificación y clasificación de riesgos no existe un número significativo de herramientas metodológicas. En este sentido, por tanto, podría enmarcarse una primera aportación del sistema propuesto en esta tesis, ya que su estructuración permite un análisis sistemático del proyecto que facilitará el proceso de identificación y clasificación de riesgos. Baste considerar, por ejemplo, un esquema de análisis con base en los riesgos relativos a cada alternativa considerada con base en los requerimientos identificados previamente.

### **M.8.2. El análisis y evaluación de riesgos**

El análisis y evaluación de riesgos es tal vez el proceso que más herramientas a suscitado. La razón de ello radica probablemente en su carácter más fácilmente cuantificable.

En el cuadro adjunto se hace una relación de las técnicas más usuales en la gestión de riesgos, descritas en el Apéndice J, algunas de las cuales han sido ya tratadas y discutidas en profundidad.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teoría de la utilidad clásica y sus derivados; la teoría de la utilidad multiatributo (MAUT), el valor y la utilidad esperados (EV y EU) y la teoría multiatributo simplificada (SMART)</li> <li>- El premio del riesgo</li> <li>- Índice descuento ajustado según riesgo</li> <li>- Probabilidades subjetivas</li> <li>- Herramientas utilizadas en el análisis de decisiones:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- algoritmos</li> <li>- Cadena de medios-fines</li> <li>- Matrices de decisión</li> <li>- Estrategia</li> <li>- Árboles de decisión deterministas y estocásticos</li> <li>- Teoría bayesiana</li> </ul> </li> <li>- Análisis de sensibilidad</li> <li>- Simulación de Montecarlo</li> <li>- Portfolio Theory</li> <li>- Dominancia estocástica</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.16.** Instrumentos y técnicas consideradas en la gestión de riesgos

En este sentido, la integración de la mayoría de estas herramientas ya ha sido comentadas en otras partes de la tesis, ya que varias de ellas forman parte intrínseca del sistema IDS propuesto (análisis de sensibilidad), bien han servido de punto de partida (MAUT, árboles de decisión) o bien han sido comentados ampliamente en otras partes de este trabajo (simulación de Montecarlo, teorema de Bayes, criterio de dominancia estocástica, etc.). En cualquier caso, en aras a la brevedad de la exposición, no se abordará un análisis detallado de la integración de cada una de ellas, si bien queda claro que dicho engarce iría en algunos casos en la línea de su incorporación como instrumentos auxiliares a utilizar de forma puntual para visualizar o medir ciertos aspectos (cadena de medios-fines, algoritmos, simulación de Montecarlo, criterio de dominancia estocástica, etc.). Por otro lado, en otros casos su integración es directa por formar parte del sistema (análisis de sensibilidad) o bien porque este supone una generalización de ellas (MAUT, SMART)

### **M.8.3. El desarrollo y control de las respuestas a los riesgos**

Tal como se ha comentado en otras partes de la tesis, las respuestas a los riesgos se generarían en la fase de creatividad. Su implementación y seguimiento implica, obviamente, un control, que supondrá un coste y unas implicaciones en el resto de áreas identificadas. En este sentido, es de considerable interés la trazabilidad o registro del seguimiento de dichas respuestas, pues servirá para alimentar futuras tomas de decisión en la etapa de planificación o en el momento correspondiente a la elección entre diversas alternativas de mitigación de riesgos. Por otro lado, en dicho seguimiento se generarán tomas de decisión donde será aplicable el sistema propuesto.

## M.9. LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO

La vertiente humana del proyecto engloba todas las tareas relacionadas con el desempeño y satisfacción de las personas involucradas en el proyecto: la definición de responsabilidades, la integración con las políticas y procedimientos de recursos humanos y la estructuración de las organizaciones en las que se enmarca el proyecto. Para ello, será aplicable el cuerpo de conocimiento generado al respecto en el contexto de la gestión de organizaciones.

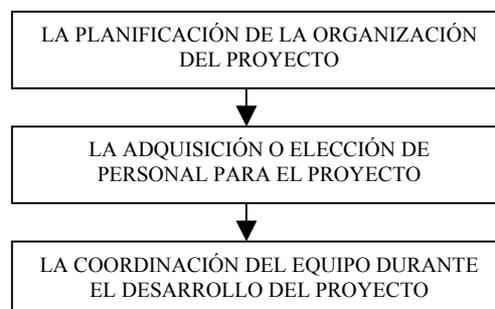
Este nivel de análisis ha sido eludido durante largo tiempo, si bien en estos últimos años ha cobrado un importante relieve por la creciente sensibilización social al respecto. En la gestión de recursos humanos del proyecto pueden distinguirse dos aspectos: el desempeño y la satisfacción del personal involucrado. Ambos han experimentado recientemente un importante desarrollo, motivado por los cambios sociales experimentados en el siglo XX. Por un lado, la introducción de la regulación laboral conlleva para las organizaciones unos mayores costes y condicionantes referentes al personal. Por otro lado, el carácter dinámico del mercado y factores de tipo sociológico hacen que el cambio de trabajo sea muy frecuente y que la mano de obra no sea tan barata y abundante como en épocas anteriores. Finalmente, el progreso y mejora del nivel de vida se ha traducido en una migración hacia necesidades de orden superior en la pirámide de Maslow (1945), de manera que la satisfacción del personal constituye ya un factor importante en la gestión del proyecto y, por tanto, un elemento más de análisis de decisión. Basta citar como ejemplo la importancia que se le asigna en los recientes modelos de excelencia empresarial como el EFQM o el de Malcom Baldrige.

Por otro lado, cabe observar que esta vertiente humana no engloba únicamente a las personas encargadas de desarrollar el proyecto, sino que también contempla en todas sus posibles formas la interacción con el entorno social del proyecto.

El PMI (1996) estructura esta faceta de la gestión según las siguientes actividades (figura M.4):

- Planificación de la organización
- Adquisición de personal
- Desarrollo del equipo

En base a estos puntos se propone el siguiente esquema de análisis (figura M.13):



**Figura M.13.** Esquema del análisis de la gestión de riesgos en los proyectos

### **M.9.1. La planificación de la organización**

En el ámbito de la gestión de proyectos, merece especial mención la teoría organizacional, ampliamente tratada en la literatura al respecto (por ejemplo, Kerzner, 2001; Turner, 1993). De entre las herramientas utilizadas en la gestión de recursos humanos, cabe destacar la matriz de asignación de responsabilidades (PMI, 1996).

En definitiva, parece claro que tanto los requerimientos de tipo social o humano como los parámetros de medición considerados se alimentarán de la teoría e instrumentos desarrollados en la gestión de recursos humanos.

El sistema IDS servirá también para analizar una decisión a este respecto y estimar su trascendencia en el marco global del proyecto. Baste considerar, por ejemplo, una toma de decisión referente al número de personas a involucrar en el proyecto o a la posible contratación de personal.

En la definición de responsabilidades será también de interés la distinción entre los ocho tipos de rol y responsabilidad propuesta por Grude & Haug (1987). Los citados autores proponen también una categorización en cuatro modos de decisión en función de la intervención de las diversas personas en la toma de decisión en solitario o en equipo.

### **M.9.2. La adquisición o elección de personal para el proyecto**

La selección del personal es una cuestión ampliamente tratada en el ámbito de las escuelas de negocio (ejemplos), y que, por consiguiente, goza de una considerable teoría desarrollada al respecto. Obviamente no es el propósito de esta tesis abundar en este aspecto, sino tan sólo hacer referencia a él como elemento auxiliar a integrar en el sistema propuesto.

### **M.9.3. La coordinación del equipo durante el desarrollo del proyecto**

En lo referente a la coordinación del equipo, cabe citar algunos aspectos importantes a considerar en esta vertiente del proyecto:

- *La conducción de grupos de trabajo:* Será también de gran interés lo relacionado con la teoría de formación y conducción de grupos de trabajo, los sistemas de reconocimiento y premio, etc.
- *La gestión del conocimiento y el aprendizaje continuo.* En primer lugar, debe hacerse hincapié en la importancia de la formación como medio de adaptación en un mundo como el actual, de constante cambio. Por otro lado, deberán tenerse muy en cuenta en los enfoques a este respecto la gestión del conocimiento de la organización y la generación de capital intelectual, mediante un sistema eficaz de gestión de la información (conocido como MIS en el ámbito anglosajón).

- *La seguridad laboral.* Tal como se ha comentado en otras partes de la tesis, en la vertiente humana del proyecto debe considerarse también el amplio campo de la seguridad laboral, cuya implementación práctica ha experimentado un importante grado de desarrollo en los últimos años.

Por tanto, durante el desarrollo del proyecto será conveniente articular un modo de medición del desempeño en lo referente a estos factores de tipo humano. Para ello podrán cuantificarse ciertos aspectos mediante las técnicas ya comentadas de tratamiento de resultados (histogramas, etc.). En este caso, los parámetros de medida hacen referencia principalmente a horas dedicadas o perdidas, incidentes o accidentes laborales, así como a los resultados de la eventual medición de satisfacción del personal (mediante tests o simple percepción)<sup>15</sup>.

En definitiva, estas mediciones constituirán un modo de articular la estimación de los parámetros relativos a requerimientos relacionados con los factores humanos que intervengan en una toma de decisión analizada mediante el sistema IDS.

Finalmente, podría identificarse un posible uso de dicho modelo en tomas de decisión en esta área relativa al desarrollo del proyecto, como por ejemplo, la posible variación del esquema organizativo, la incorporación de una nueva persona, etc..

---

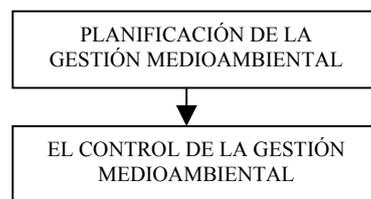
<sup>15</sup> A este respecto, Kenzner (2001) recoge una interesante colección de formatos para la medición del desempeño y satisfacción del personal involucrado en el proyecto.

## M.10. LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL PROYECTO

En general y en gran medida en la construcción, la gestión medioambiental se ha convertido en una disciplina diferenciada. Dimson (1996) identifica los siguientes factores englobados en esta vertiente de la gestión del proyecto:

- La planificación medioambiental del emplazamiento de la obra (la gestión de residuos durante la construcción y la minimización impactos sonoros y similares)
- La selección de materiales con criterios de sostenibilidad.
- La planificación energética
- La gestión del consumo de recursos
- La calidad del aire
- La flexibilidad del diseño

Para el estudio sistemático de estos y otros aspectos relacionados se plantea, al igual que en los apartados precedentes, un esquema de análisis, recogido en la figura M.14.



**Figura M.14.** Esquema de análisis de la gestión de la gestión medioambiental en un proyecto

### M.10.1. La planificación de la gestión medioambiental

La gestión medioambiental se está convirtiendo poco a poco en una cuestión análoga a la calidad, de manera que entorno a este aspecto han surgido sistemas de gestión con un planteamiento paralelo a los sistemas de calidad. Este evidente paralelismo ha llevado a plantear la posible integración de ambos aspectos, e incluso aquellos relativos a la seguridad (ejemplos). En este sentido, Dimson (1996) hace especial hincapié en la necesidad de una visión global del equipo de diseño y en la participación y colaboración de todos los agentes del proyecto en la responsabilidad ecológica. Parece estar claro, por tanto, el despunte de este ámbito como área diferenciada en la gestión del proyecto, de manera que, al igual que el resto de los ámbitos estudiados, implicará una doble vertiente de planificación y control. Por consiguiente, al igual que en el resto de áreas, en la planificación de estos aspectos aparecerán tomas de decisión donde tendrá aplicabilidad el sistema IDS propuesto.

### M.10.2. El control de la gestión medioambiental

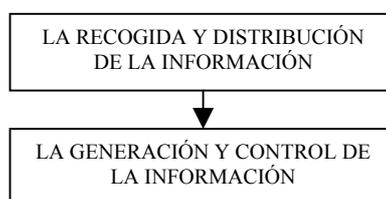
Por otro lado, el control de la gestión medioambiental supondrá la alimentación del sistema propuesto de toma de decisiones mediante información de proyectos anteriores o a través de indicadores de evolución, con base a los cuales se plantearán alternativas de cambio.

## M.11. LA COMUNICACIÓN EN EL PROYECTO

El Manual del PMI (1996) distingue cuatro actividades principales en la gestión de la comunicación del proyecto (figura M.4):

- La planificación de comunicaciones
- La distribución de la información
- El informe del desempeño
- El cierre administrativo

Sintetizando estos aspectos, se propone el esquema de análisis recogido en la figura M.15.



**Figura M.15.** Esquema de estudio de la gestión de la información

### M.11.1. La recogida y distribución de la información

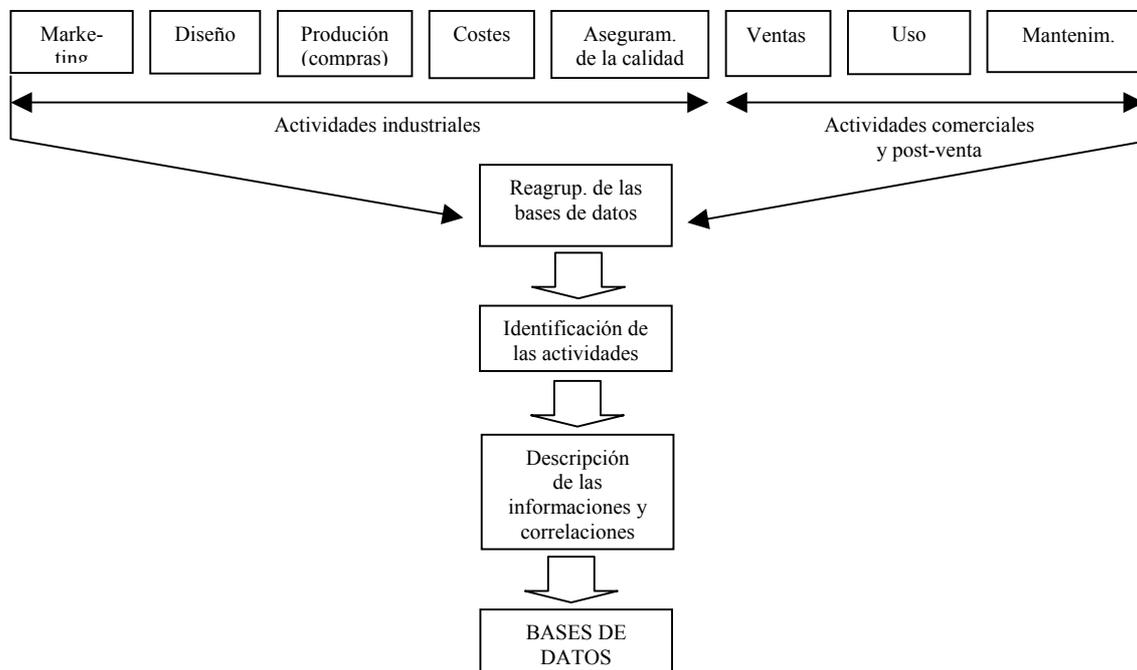
Para el análisis de las comunicaciones en el proyecto es preciso tener en cuenta que esta puede ser de varios tipos; oral o escrita, vertical u horizontal, formal o informal e interna o externa. Por tanto, será preciso el diseño de un sistema de gestión de la información (conocido como MIS o PMIS<sup>16</sup> en el ámbito anglosajón), que permita la recogida y distribución de la misma según sea necesaria para la gestión eficaz del proyecto. En este sentido, por tanto, será de gran importancia recoger y generar informes y memorias que sirvan de base para futuros proyectos o para el posterior desarrollo del proyecto en curso.

Por tanto, para una correcta integración, será imprescindible tener claros las políticas de las organizaciones que intervienen en el mismo, y disponer del máximo de información referente al proyecto. Por ello, el sistema de información será un elemento clave en la hipotética aplicación del sistema IDS, ya que alimentará la toma de decisión con datos y resultados objetivos, de manera que actúe como complemento de la estimación del o de los decisores.

En este sentido, la consideración de los instrumentos de gestión de la información y recursos va cobrando cada vez más importancia en la actualidad de cara a conseguir ventaja competitiva, sobre todo bajo la perspectiva del entorno cambiante propio de la sociedad de la información, donde la gestión del conocimiento se está convirtiendo en el factor clave de desarrollo. A este respecto, el sistema propuesto aporta una estructuración para el diseño de las bases de datos similar a la del ejemplo recogido en la figura M.16), de manera que intenta integrar las diversas áreas o vertientes de gestión

<sup>16</sup> (P)MIS: (Project) Managerial Information System

consideradas. Además, el hecho de estar orientada a la toma de decisiones permitiría la integración directa de la información en la implementación informática del modelo.



**Figura M.16.** Ejemplo de estructuración de una base de datos para la gestión del conocimiento (Petitdemange, 1997)

Ya han aparecido a lo largo de este trabajo numerosas referencias a la gran importancia de la información como instrumento de apoyo al cálculo del valor. De hecho, la estructuración del modelo, su carácter generalista y el tratamiento matemático propuesto están pensados para poder integrar datos históricos procedentes de fuentes diversas. En este sentido serán también de gran interés las metodologías recogidas en la tabla M.17 y comentadas en el Apéndice N, ya que suponen la introducción de información de gran interés, especialmente para la planificación estratégica del proyecto.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitalización de la experiencia (storage memory)</li> <li>- Vigilancia (Method Survey)</li> <li>- Benchmarking (Inteligencia económica)</li> <li>- Adquisición continua de apoyo logístico (CALs)</li> <li>- Gestión de la configuración</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.17.** Algunos métodos e instrumentos de información y recursos

Obviamente, con frecuencia la información disponible no será únicamente de tipo cuantitativo, sino más bien constará de un conjunto de percepciones cualitativas, ideas, etc. En este sentido, según se ha comentado en otras partes de la tesis, el sistema propuesto admite la inclusión de variables o parámetros cualitativos, que serán homogeneizados y tratados juntamente con los de tipo cuantitativo. De hecho, el carácter integrador del modelo hace que cualquier información, por heterogénea que

pueda parecer, pueda introducirse como parámetro o indicador para el cálculo del nivel de satisfacción de los requerimientos del proyecto.

Finalmente, cabría incluir también como elementos de utilidad en la fase de planificación las técnicas para recoger información acerca de las necesidades del cliente o mercado (figura M.4) como el marketing, la especificación funcional de prestaciones, el estudio de mercado, etc.

### **M.11.2. La generación y control de información**

Una primera aportación del sistema IDS en este sentido se centrará en la generación estructurada de información referente a la evaluación del desempeño del proyecto. En este sentido, el IDS constituirá una guía y un índice de medición que será capaz de contemplar la revisión de resultados, el análisis de las variaciones, el análisis de tendencias o el cálculo del valor (monetario) alcanzado hasta la fecha mediante índices como los mostrados en las tablas M.3 ó M.12, y su monitorización o visualización mediante gráficos en “s”, tablas o similares.

En el ámbito de la construcción son muchas las propuestas que han surgido a este respecto (Shahid & Froese, 1998; Stumpf et al, 1996; Hurst & Rollo, 1996; Abudayyeh, 1995; Chin et al, 1996; Lee & Kim, 2001). Entre las aportaciones de la incorporación de los nuevos conceptos como el de sistema de información, destaca la retroalimentación de la toma de decisiones basada en la información disponible sobre recursos o resultados provenientes de la experiencia de trabajos anteriores (Hurst & Rollo, 1996).

Es destacable también la propuesta de implementación de herramientas informáticas que permitan la monitorización de los resultados en el progreso de la obra y permitan así mismo la simulación de resultados futuros en función de las diversas alternativas de toma de decisión en coherencia con la estructura de desagregación del proyecto<sup>17</sup> (Chehayeb & AbonRizk, 1995).

---

<sup>17</sup> Recuérdese que este es el término acuñado por Heredia (1995) como traducción del concepto anglosajón de “Work Breakdown Structure”, WBS. Ver Apéndice N.

## M.12. LA GESTIÓN DE LA CONTRATACIÓN

El Manual del PMI (1996) distingue las siguientes etapas en la gestión de la contratación (figura M.5):

- Planificación de la contratación
- Planificación de la petición de oferta
- Petición de oferta
- Selección de suministradores y subcontratistas
- Administración del contrato
- Cierre del contrato

Para simplificar el análisis, se llevará a cabo un estudio de esta área en dos grandes aspectos, sintetizados en la figura M.17.



**Figura M.17.** Esquema del estudio de la contratación en el presente análisis

En el primero de los elementos de análisis planteados estarían incluida las cuatro primeras actividades propuestas por el PMI (1996), y en el segundo las dos últimas, es decir, englobarían las actividades preliminares en esta vertiente de la gestión del proyecto y aquellas a desarrollar durante el transcurso del mismo.

La gestión de la contratación incluye tomas de decisión de capital importancia como, por ejemplo, el sistema de gestión: tradicional, llaves en mano o mediante el esquema de "Project Management"<sup>18</sup> (figura M.3). En niveles inferiores cabe identificar también tomas de decisión importantes, relativas, por ejemplo, a contratar un trabajo o hacerlo uno mismo, a la selección del tipo de contrato (tabla M.18), etc.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrato a precio cerrado</li> <li>- Contrato de coste reembolsable</li> <li>- Contrato por unidad de servicio (por medición)</li> </ul> |
|---|

**Tabla M.18.** Algunas de las tipologías de contratos (Picher, 1992)

De hecho, en el contexto de la gestión de proyectos, la contratación es uno de los temas que más interés han suscitando recientemente (Taylor et al, 1998; Pedwell et al, 1998; Black et al., 2000). Entre otras, en el ámbito español cabe citar al respecto la obra de Heredia (1995).

<sup>18</sup> Recuérdese al respecto lo comentado en el apartado M.2. sobre los diferentes sistemas de contratación o gestión general del proyecto.

### **M.12.1. La planificación de la contratación**

En este contexto, son importantes las denominadas especificaciones de contrato o pliego de condiciones de compra, conocidas en el ámbito anglosajón como SOW o “statements of work” o en ocasiones como SOR (“Statement of Requirements”). En definitiva, el citado documento tendría que reflejar los niveles de calidad requeridos según la especificación funcional de prestaciones (FPS<sup>19</sup>) y las diversas condiciones de acuerdo con los sistemas y políticas de gestión de la organización contratante.

Existe una gran variedad de formatos para petición de ofertas, y, de hecho, cada organización tiene el suyo. En el ámbito anglosajón, en el que este tipo de cuestiones están más estandarizadas, se distingue, a este respecto, entre diversos tipos de documentos: Invitation for Bid (IFB), Request for Proposal (RFP), Request for Quotation, Invitation for Negotiation, Contractor Initial Response, etc. (Kenzner, 2001).

Intervienen también en el proceso las entrevistas con los diversos técnicos comerciales y la eventual utilización de anuncios solicitando el servicio, sobre las que existe también literatura específica. De especial relevancia a este respecto son las técnicas de negociación.

Tal como se ha comentado, la contratación supone un conjunto de toma de decisiones principal en el conjunto del proyecto. Sin embargo, esta trascendencia contrasta con el pobre tratamiento teórico de la cuestión, para la que tradicionalmente se han utilizado aproximaciones simplificadas como el análisis multicriterio (referencia), marcando en ocasiones unos mínimos y/o realizando estimaciones independientes en orden a testear la fiabilidad de la oferta recibida. Recientemente se ha trabajado en la elaboración y adaptación de modelos de toma de decisión más elaborados, como el propuesto por Al-Subhi (2001), basado en la aplicación de la técnica AHP de selección de alternativas (Saaty, 1981).

En este sentido, el sistema IDS propuesto supone un paso adelante en el tratamiento de este tipo de toma de decisiones. Tal como se comentaba en el apéndice F, en este ámbito dicho sistema supone una herramienta considerablemente más completa que el AHP, el cual no ha sido desarrollado en este contexto con el nivel de particularización del sistema propuesto.

### **M.12.2. El desarrollo del contrato**

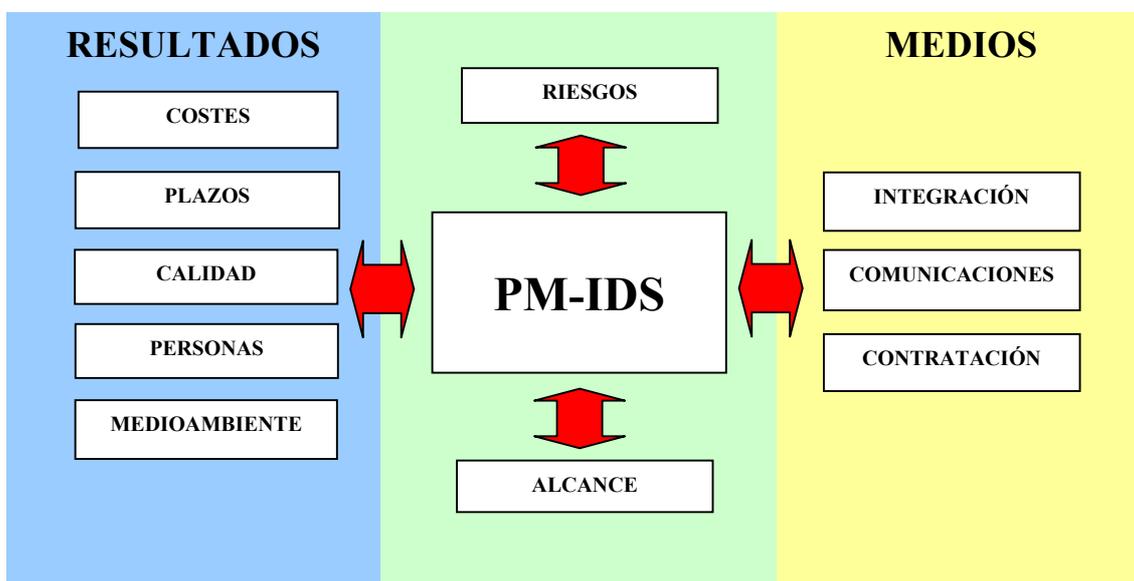
Para la administración del contrato será necesario un sistema de control cambios, un informe de resultados y unas condiciones de pago. Será conveniente también realizar, previo al cierre del contrato, una auditoría para la identificación de fallos y aciertos de cara a su aplicación en el futuro desarrollo del proyecto o en otros. En este sentido el sistema IDS puede ser aplicable en los eventuales cambios que surjan en la contratación. Por otro lado, los resultados del control constituirán también posibles entradas del sistema.

---

<sup>19</sup> Tratada en el apartado M.4.1. y descrita en el apéndice N.

### M.13. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS

A lo largo de este apéndice se ha estudiado la adaptabilidad del modelo en las diversas áreas de la gestión de proyectos, como son la gestión del coste, tiempo, calidad, riesgos, recursos humanos, comunicaciones y contratación, mediante la definición del alcance y la integración de todas estas áreas y aspectos. Para ello se seguirá el esquema básico propuesto por el Manual de gestión de proyectos del “Project Management Institute” (PMI, 1996), modificado en parte y matizado según el criterio del autor de esta tesis. En este contexto, antes de finalizar el presente apéndice es interesante realizar al respecto una pequeña reflexión que ayudará a comprender la unidad y coherencia interna que se pretende dar a todo el hilo argumental de la tesis. Para ello se propone la visualización de la figura M.18.



**Figura M.18.** Síntesis de la interacción entre las diversas áreas del Project Management y el sistema propuesto

Si se analizan los diferentes aspectos distinguidos por el PMI (1996), puede observarse que, tradicionalmente, la medida del desempeño de un cierto proyecto se ha medido únicamente en términos de coste, plazo (tiempos) y calidad. Sin embargo, tal como se ha comentado en otras partes de esta tesis, aspectos de tipo social o humano como la seguridad o el bienestar y de tipo medioambiental, obviados en épocas anteriores, adquieren hoy en día una creciente importancia como medida del desempeño. El riesgo, por su parte, sería un factor transversal de variación de esos resultados.

Por otro lado, la comunicación y la contratación pueden ser tratados como procesos del proyecto, aunque de carácter transversal en el tiempo por no darse en un momento determinado como el caso de otros procesos, sino a lo largo del hilo conductor del proyecto. En concreto, la contratación será susceptible de ser tratada como un importante punto de decisión de entre los considerados en otras partes de la tesis. Finalmente, tanto el alcance como la integración son conceptos rigurosamente definidos y tratados a lo largo de esta tesis, llegando a aportar incluso un modo de cuantificación relativa de las tomas de decisión en el total del alcance.

Mediante esta breve y sencilla reflexión, se pretende únicamente poner de manifiesto la íntima unidad y coherencia del sistema IDS aquí presentado con la gestión de proyectos, de manera que engloba de forma rigurosa y sistemática los principales aspectos considerados en el entorno de esta disciplina. Por otro lado, la interacción de ambos se ha estudiado en dos líneas: tomando las herramientas metodológicas de las diversas áreas de la gestión de proyectos como entradas del sistema, de manera que acoplándose formarían un "macrosistema" de gran potencia, y a través del estudio e las ventajas de la aplicación de dicho sistema en tomas de decisión relativas a las diferentes áreas. El análisis de integración realizado se resume en la tabla M.19, según el esquema de entradas y salidas planteado en la figura M.2. (apartado M.2).

	ÁREA DE GESTIÓN	ENTRADAS	SALIDAS
I	La integración en la planificación del proyecto		Herramienta de toma de decisión
	La integración en el desarrollo del proyecto		
A	La identificación de la necesidad	Información sobre requerimientos	
	El análisis del producto		Instrumento de análisis
	La interacción entre diseño y producción		Herramienta de toma de decisión
	La toma de decisión en el diseño	Parámetros puntuales	Herramienta de toma de decisión
C	La evaluación económica de proyectos	VARIABLES ECONÓMICAS	
	La estimación de costes y presupuestación	Costes	Herramienta de toma de decisión
	El control de costes	Indicadores económicos de avance	
T	La planificación de tiempos	Duraciones y plazos previstos	Herramienta de toma de decisión
	El control de tiempos	Retrasos/holguras	
Q	La planificación de la calidad		Herramienta de toma de decisión
	El control de calidad	Indicadores de calidad	
R	La identificación y clasificación de riesgos		Esquema de identificación
	El análisis y evaluación de riesgos		Instrumento de análisis y evaluación
	El desarrollo y control de las respuestas		Herramienta de toma de decisión
H	Planificación de la organización	Estimación subjetiva de parámetros relacionados con las personas	Herramienta de toma de decisión
	Adquisición de personal		
	Desarrollo del equipo		
M	La planificación de la gestión medioambiental	Estimación de parámetros medioambientales	Herramienta de toma de decisión
	El control de la gestión medioambiental		
I	La recogida y distribución de la información	Información variada (expertise, etc.), mediante un sistema de información	
	La generación y control de la información		
C	La planificación de la contratación	Estimación subjetiva de parámetros relacionados con el contrato	Herramienta de toma de decisión
	La gestión de la contratación		

**Tabla M.19.** Síntesis del análisis de integración del sistema IDS propuesto en el ámbito del Project Management

## M.14. BIBLIOGRAFÍA

Abudayyeh, O. (1995) "Image databases in construction management". Proceedings of 2<sup>nd</sup> Congress on Computing in Civil Engineering. Parte 2 (de 2). Computing in Civil Engineering, ASCE, Nueva York. Vol. 2, pag. 1302-1307.

AENOR, (2000) "Guía para la implantación de proyectos". Ed. AENOR. (traducción de "Le management de projet. Principes et pratique", AFNOR, 1998)

Aguado, A. y Casanova, I. (1997) "Demolición y reutilización de estructuras de hormigón". Capítulo 1. (Publicación conjunta). Ed. Colegio de Ingenieros de caminos, Canales y Puertos con la colaboración de GEHO y ATEP.

Al- Subhi, K.M. (2001) "Application of the AHP in project management". International Journal of Project Management, 19, 19-28.

Black, C., Akintoye, A., Fitzgerald, E. (2000) "An analysis of success factors and benefits of partnering in construction". International Journal of Project Management, 18, 423-434.

Boddy, D.; Macbeth, D. (2000) "Prescriptions for managing change: a survey of their effects in projects to implement collaborative working between organizations". International Journal of Project Management, 18, 297-306.

Chapman, C., Ward, S., Bennell, J.A. (2000) "Incorporating uncertainty in competitive bidding". International Journal of Project Management, 18, 337-348.

Chehayeb, N.N.; AbonRizk, S.M. (1995) "Applications of simulation in progress reporting and control". Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, WSC'95. Arlington, VA.

Chelaka, M.; Abeyasinghe, M.; Greenwood, D.J.; Johansen, E. (2001) "An efficient method for scheduling construction projects with resource constraints". International Journal of Project Management, 19, 29-46.

Chin, S., Stumpf, A.M., Liu, M.Y. (1996) "Object-Oriented Construction Information Framework for Construction Management". Computing in Civil Engineering, pag.786-792.

Cleland, D.I. & King, W.R. (1975) "Systems Analysis and Project Management". Ed. Pentice-Hall.

Cos, M. de. (1995) "Teoría General del Proyecto. Dirección de proyectos/Project Management". Ed. Síntesis S.A.

Dean, E.B. (1993) "Design to Objectives in Engineering Practice". Ed. McGraw-Hill.

De Pablo, A., Ferruz, M., Santamaría, R., Urquizu, P. (1987) "Análisis práctico de las decisiones de inversión y financiación". Ed. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Zaragoza.

Dell'Isola, A. (1997) "Value engineering. Practical Applications for Design, Construction, Maintenance & Operations" Ed. RS Means.

Dimson, B. (1996) "Principles and Challenges of Sustainable Design and Construction". *Industry and Environment*, 19 (2), 19-22.

Elkjaer, M. (2000) "Stochastic Budget Simulation". *International Journal of Project Management*, 18, 139-148.

Flanagan, R. & Norman, G. (1993) *Risk Management & Construction*, Blackwell Science.

Grude, K.V., Haug, T., Andersen, E.S., Turner, J.R. (1987) *Goal Directed Project Management*. Ed. Kogan Page.

Grundy, T. (2000) "Strategic Project Management and strategic behaviour". *International Journal of Project Management*, 18, 93-104.

Harris, f. & Mccaffer, R. (1994). "Modern construction management". Ed. Blackwell Science Ltd.

Heredia, R. de (1995). "Dirección Integrada de Proyecto – DIP – Project Management". Ed. E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. 2ª ed. (1ª ed. En 1985).

Hymel, R. (1997) "Project planning with a new twist". *Public Works*. 128 (9), 38-40.

Hurst, C. & Rollo, R. (1996) "Meeting today's demands for construction project information". *Public Works*, 127 (9), 32-34.

Jones, B.; Riley, M. (1995) "Collaborative construction agents". *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Congress on Computing in Civil Engineering. Parte 2 (de 2). Atlanta, GA, USA. Computing in Civil Engineering, v.2, ASCE, pag. 1316-1323.*

Kenzner, H. (2001) "Project Management. A system Approach to Planning, Scheduling and Controlling". Ed. Van Nostrand Reinhold.

Lee, J.W., Kim, S.H. (2001) "An integrated approach for interdependent information system project selection". *International Journal of Project Management*, 19, 111-126.

Lenzer, B. (1999). "Reengineer for Value: Using Total Quality Management & Value Methodology Processes, Tools & Techniques to Reengineer Effective Organizations". *SAVE Proceedings 1997 International Conference* pp 150-157.

Li, H.; Cheng, E.W.M.; Love, P.E.D., Irani, Z. (2001) "Co-operative benchmarking: a tool for partnering excellence in construction". *International Journal of Project Management*, 19, 171-180.

Maslow, A.H. (1954) "Motivation and Personality". Ed. Harper & Row.

McGeorge, D. & Palmer, A. (1997) "Construction Management. New Directions". Ed. Blackwell Science.

Mestre, J.J., Aguado, A., Ormazabal, G. (2001) "Propuesta de aplicación de la metodología del valor en la planificación estratégica de proyectos constructivos". Tesina de especialidad. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports (ETSECCPB). Junio del 2001. Barcelona.

Montgomery, D. C. (1991). "Design and Analysis of Experiments". Ed. John Wiley & Sons (3ª edición).

Norton, B.R. & McElligot, W.C. (1995). "Value Management in Construction. A practical guide". Ed. Macmillan Press LTD.

Pedwell, K.; Hartman, F.T.; Jergeas, G.F. (1998) "Project Capital Cost Risks and Contracting Strategies". *Cost Engineering*. 40 (1), 37-41.

Pereña, J. (1991) "Dirección y Gestión de Proyectos". Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.

Pereña, J. (1996) "Dirección y Gestión de Proyectos". Ed. Díaz de Santos S.A. (2ª edición revisada y ampliada).

Petitdemange, C. (1997). "Le management par projet. 80 démarches opérationnelles au choix". Ed. EFE.

Pilcher, R. (1992) *Principles of Construction Management*. Ed. McGraw-Hill.

PMI (1996) "A guide to the Project Management Body of Knowledge". Ed. PMI Publishing Division.

Ricart, M. (1999) "La organización en la era de la información". Ed. McGraw-Hill.

Ried, A.P. (1997) "Bests Results in Global Industry VE TQM PM: An Outstanding Combination of Management Tools". SAVE Proceedings 1997.

Saaty, T. (1980) "Analytical Hierarquy Process planning, priority setting, resource allocation". Ed. McGraw-Hill.

Saaty, T.M. (1990) "The Analytical Hierarquy Process". Ed. RWS Publications.

Santana, G. (1990) "Dirección Integrada de Proyectos de Construcción. Construction Management". Monografía del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.

Shahid, S. & Froese, T. (1998) "Project management information control systems". *Canadian Journal of Civil Engineering*, 25 (4), 735-754.

Stumpf, A.M., Ganesham, R., Chin, S., Lin, M.Y. (1996) "Object-Oriented Model for integrating construction product and process information". *Journal of Computing in Civil Engineering*, 10 (3), 204-212.

Taylor, F.A., Chanslor, D.C., Emerson, J.W., Sanviso, V., Kallmeyer, W. (1998) "Project delivery systems: which one is right for you?". *Proceedings of the 1998 TPPI International Engineering Conference. Parte 1 (de 3). Miami.*

Turner, J.R. (1993) "The Handbook of Project-Based Management". Ed. McGraw-Hill.

Voropajev, V.I., Ljubkin, S.M., Titarenko, B.P., Gloenko-Ginzburg, D. (2000) "Structural classification of network models". *International Journal of Project Management*, 18, 361-368.

Wang, C-H, Huang, Y-C. (2000) "A new Approach to calculating project cost variance". *International Journal of Project Management*, 18, 131-138.