



## CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

[www.cef.es](http://www.cef.es)

[info@cef.es](mailto:info@cef.es)

## Índice Tema 3

1. Introducción.
2. Concepto de planificación de un proyecto.
3. Planificación temporal del desarrollo.
  - 3.1. Relaciones gente-trabajo.
  - 3.2. Definición de tareas y paralelismo.
  - 3.3. Distribución de esfuerzos.
4. Técnicas de planificación.
  - 4.1. El Método PERT.
    - 4.1.1. Conceptos básicos del PERT.
    - 4.1.2. Pasos a seguir en la confección de un PERT.
    - 4.1.3. Relación entre la duración y el coste directo de una actividad.
  - 4.2. El Diagrama de Gantt.
  - 4.3. Estructura de descomposición de trabajos (WBS).
5. Recursos del proyecto.
  - 5.1. Recursos humanos. Asignación al proyecto.
    - 5.1.1. Patrón de límites e histograma de recursos.
  - 5.2. Recursos técnicos.
6. Seguimiento y control del proyecto.
  - 6.1. El diagrama de extrapolación.
7. El plan del proyecto.
8. Herramientas de planificación y seguimiento de proyectos.

- 9. Introducción a la versión 3 de la metodología métrica.
  - 9.1. Objetivos y características de métrica versión 3.
  - 9.2. Estructura de la metodología métrica versión 3.
- 10. Los procesos principales de la metodología métrica versión 3.
  - 10.1. Planificación de Sistemas de Información (PSI).
  - 10.2. Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS).
  - 10.3. Análisis del Sistema de Información (ASI).
  - 10.4. Diseño del Sistema de Información (DSI).
  - 10.5. Construcción del sistema de información.
  - 10.6. Implantación y Aceptación del Sistema de Información (IAS).
  - 10.7. Mantenimiento del Sistema de Información (MSI).
- 11. Interfaces.
  - 11.1. Gestión de proyectos.
  - 11.2. Gestión de configuración.
  - 11.3. Aseguramiento de la calidad.
  - 11.4. Seguridad.
- 12. Técnicas.



## CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

### TEMA 3

#### Planificación del desarrollo. Técnicas de planificación. Metodologías de desarrollo: La metodología Métrica.

##### 1. INTRODUCCIÓN.

Al referirnos a la Gestión de Proyectos, se había puesto de manifiesto que si bien el número de tareas identificables dentro de esta área puede exceder del centenar, hay tres, sin embargo, que son críticas y deben ser desarrolladas correctamente si se desea que el proyecto termine con éxito. Estas tareas son: la estimación de la duración, el coste y el esfuerzo necesarios para construir el producto; la planificación de las tareas a realizar y asignación de personas y tiempos para construir el producto; y el seguimiento y control del trabajo para asegurar el cumplimiento de lo planificado.

La estimación y la planificación son actividades relacionadas, si bien difieren en su alcance. Normalmente, la estimación está orientada al proyecto en su conjunto, mientras que la planificación está dirigida a las personas. Con la estimación se prevé el presupuesto del proyecto, el personal necesario, etc., y con la planificación se asigna exactamente quién tiene que hacer qué y en cuánto tiempo.

Aunque la estimación es la primera actividad a realizar y siempre es previa a la planificación, ya que sin una estimación correcta es imposible una buena planificación, dejaremos su estudio para el siguiente tema y dedicaremos éste a las otras dos grandes actividades de la Gestión de Proyectos.

Así pues la primera finalidad de este tema será el estudio de la planificación de proyectos, en concreto, de los proyectos de desarrollo de sistemas de información, y de su seguimiento y control, con un cuádruple objetivo:

- Comprender en qué consiste la planificación y qué aspectos inciden en la misma.
- Comprender las principales técnicas de planificación de proyectos: el método PERT, el Diagrama de Gantt, la Estructura de Descomposición de Trabajos (WBS), etc.
- Comprender en qué consiste el seguimiento y control de un proyecto y cómo se lleva a cabo.
- Comprender que antes de proceder a la ejecución (desarrollo) de un proyecto se necesita un Plan del Proyecto que sirva de guía para su gestión.

Por otra parte, es bien sabido que cuando se aborda el desarrollo de un Sistema de Información lo primero es estructurar el proyecto, para lo cual es necesario adoptar un modelo que defina las fases de desarrollo del software y que recibe el nombre de «ciclo de vida». Una vez elegido el Modelo de Ciclo de Vida, la planificación deberá reflejar las fases y actividades correspondientes al ciclo de vida seleccionado (mapa de actividades del proyecto).

El Modelo de Ciclo de Vida pone de manifiesto únicamente las fases y actividades que habrán de realizarse en el desarrollo del Sistema de Información y el orden en que habrán de realizarse, pero no contempla cómo realizarlas ni con qué técnicas. Este último es el objetivo de las Metodologías de Desarrollo y, por tanto, será lo siguiente a seleccionar tras el Modelo de Ciclo de Vida.

De acuerdo con lo anterior, la segunda finalidad de este tema será el estudio de una Metodología de Desarrollo de Sistemas de Información, en concreto de la Metodología MÉTRICA versión 3, que es la adoptada por las Administraciones Públicas para la Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de sus Sistemas de Información.

A este respecto, dada la amplitud de la Metodología y dado que se irá profundizando en su estudio a lo largo de los diversos temas que constituyen este bloque dedicado al Análisis y Desarrollo de Sistemas, aquí sólo enfocaremos los aspectos generales de la misma, sin entrar en mayores detalles. En este sentido, primeramente se estudiará la estructura de la metodología Métrica versión 3, para después centrarse en los siete procesos principales que contempla (Planificación de Sistemas de Información, Estudio de Viabilidad del Sistema, Análisis del Sistema de Información, Diseño del Sistema de Información, Construcción del Sistema de Información, Implantación, Pruebas y Aceptación, y Mantenimiento del Sistema de Información).

Métrica v.3 no sólo considera las actividades propias del desarrollo de un sistema, sino que también incluye bajo el nombre de «Interfaces» las actividades de tipo organizativo que deben realizarse en todo proyecto informático como apoyo al propio proceso de desarrollo. Por tanto, estudiaremos las cuatro que contempla, esto es: Gestión de Proyectos, Gestión de la Configuración, Aseguramiento de la Calidad y Seguridad.

Para concluir se hará una breve referencia a las Técnicas y Prácticas que incluye la Metodología.

## **2. CONCEPTO DE PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO.**

Se define la planificación de un proyecto como el proceso de selección de una estrategia para la producción de unos productos finales dados, así como la definición de las actividades a realizar para conseguir ese objetivo, teniendo en cuenta la posible concurrencia y solapamiento de las mismas, y la asignación de recursos a dichas actividades en función del plan establecido.

El objetivo básico de la planificación de un proyecto es definir y preparar las condiciones de trabajo, estableciendo recursos, fechas y costes, para lograr los objetivos que se persiguen con el proyecto.

La planificación no se realiza con los mismos componentes en todos los proyectos, es decir, cada proyecto concreto requiere su propia planificación. No obstante, las actividades constitutivas de la planificación de cualquier proyecto son:

- Identificación de las tareas a realizar.

- Establecimiento de las interdependencias entre las mismas.
- Estimación del esfuerzo asociado a cada una de ellas.
- Asignación de recursos a cada tarea.
- Creación de una red de tareas.
- Desarrollo de una agenda de fechas.

La primera actividad de la planificación es la identificación de las tareas a realizar, que serán las que deban ser planificadas. Por tanto en un Proyecto de Desarrollo de un Sistema de Información primero se seleccionará el Modelo de Ciclo de Vida más adecuado a las características del proyecto (mapa de actividades) y la Metodología de Desarrollo a emplear, con lo cual ya se conocerán las fases y actividades (tareas) que se deben planificar.

Una vez identificadas las tareas a realizar, el siguiente paso en la planificación es establecer las relaciones o interdependencias que puedan existir entre las tareas. Esto es, determinar en qué orden han de realizarse las tareas, cuál debe preceder a cual, cuáles pueden desarrollarse simultáneamente, etc.

Seguidamente, mediante el empleo de distintas técnicas de estimación, se estimará el esfuerzo que requiere cada tarea (tiempo necesario para su realización) y se le asignarán los recursos correspondientes en función de la disponibilidad de los mismos.

En este momento, teniendo en cuenta la interdependencia entre tareas y el esfuerzo que requiere cada una, estamos en condiciones de establecer la red de tareas del proyecto y la agenda del mismo, último punto de la planificación y objetivo fundamental de la misma. Esto es, la planificación temporal del proyecto.

### 3. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DEL DESARROLLO.

Todo Proyecto de Desarrollo de un Sistema de Información tiene su planificación, aunque, evidentemente, no todas las agendas se crean igual (¿se ha establecido la agenda sobre la marcha o se ha planificado por adelantado?, ¿se ha realizado el trabajo según ha ido siendo necesario o se han identificado previamente un conjunto de tareas bien definidas?, etc.).

La planificación temporal de un proyecto es la previsión en fechas de la realización del conjunto de actividades que lo componen, teniendo en cuenta que se deben emplear para ello unos recursos que implican unos costes cuyo conjunto forman el presupuesto base para lograr el resultado comprometido con el cliente.

La planificación temporal de un Proyecto de Desarrollo de un Sistema de Información puede verse desde dos perspectivas diferentes:

1. La fecha final de terminación del proyecto ya ha sido establecida y es irrevocable.
2. Sólo existen unos límites cronológicos aproximados, pero la fecha final de terminación del proyecto la fijan los agentes que intervienen en el mismo (la Organización del Software).

En el primer caso, la Organización del Software tiene que distribuir el esfuerzo dentro del marco establecido. Por contra, en el segundo caso, el esfuerzo se distribuye para hacer un mejor uso de los recursos y la fecha final se define tras un cuidadoso análisis del elemento software.

Al abordar la planificación temporal de un Proyecto de Desarrollo de un Sistema de Información hay que considerar los siguientes aspectos:

- ¿Cómo se correlaciona el tiempo cronológico con el esfuerzo del elemento humano?
- ¿Qué tareas y qué paralelismo se pueden encontrar?
- ¿Qué hitos o puntos de referencia se pueden utilizar para mostrar los avances del proyecto?
- ¿Hay métodos de análisis de la planificación temporal?
- ¿Cómo se representa físicamente la agenda del proyecto?

En los siguientes epígrafes se tratan estas cuestiones.

### 3.1. RELACIONES GENTE-TRABAJO.

Por desgracia, en los Proyectos de Desarrollo de Sistemas de Información todavía es muy frecuente que los responsables del proyecto cometan el error de creer que si se producen retrasos en la agenda, éstos se pueden subsanar añadiendo más personas al proyecto. Su idea es que cuanto más gente trabaje en una tarea, menos tiempo tarda ésta en ser realizada. Sin embargo, esta creencia es totalmente errónea. El añadir posteriormente gente a un proyecto tiene, a menudo, un efecto destructivo en el mismo, haciendo incluso que la agenda se alargue más. La gente que se añada tendrá que comprender el sistema y la gente que les enseñe será la misma que esté realizando el trabajo. Mientras se enseña no se trabaja, por consiguiente, el proyecto se retrasa.

Así lo demuestra el modelo de estimación de PUTNAM (se estudiará en el siguiente tema) que pronostica una alta relación no lineal entre el tiempo cronológico de terminación del proyecto y el esfuerzo de desarrollo necesario.

### 3.2. DEFINICIÓN DE TAREAS Y PARALELISMO.

Cuando hay más de una persona involucrada en un proyecto, es muy probable que determinadas actividades de desarrollo del mismo se puedan realizar en paralelo.

Es muy importante saber, a la hora de realizar la planificación temporal de un proyecto, no sólo las actividades que se habrán de desarrollar y en qué orden, sino también cuáles de estas actividades se pueden desarrollar simultáneamente. Esto es, establecer la red de tareas del proyecto y el paralelismo entre ellas.

Por otra parte, a lo largo del proceso de Ingeniería del Software, es fundamental situar unos hitos o puntos de referencia, que proporcionen al gestor una indicación de la marcha del proyecto. Cada hito se alcanza una vez que la documentación producida como parte de la tarea de Ingeniería del Software ha sido revisada satisfactoriamente.

Asimismo, también es fundamental controlar las tareas que están en el «camino crítico», es decir, aquellas tareas que tienen que terminarse a tiempo para que el proyecto en su conjunto se termine dentro del plazo establecido.

### 3.3. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS.

Cualquiera de las técnicas de estimación de proyectos de software conduce a estimaciones del esfuerzo en personas-mes requerido para completar el desarrollo del software. Como se verá en el siguiente tema, una distribución de esfuerzos entre las distintas fases de definición y desarrollo recomendada y generalmente aceptada es la llamada «Regla del 40-20-40». Según la misma, el esfuerzo de desarrollo del software se puede distribuir de la siguiente manera:

- Fases de análisis y diseño: 40 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Fase de codificación: 20 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Fase de pruebas y depuración: 40 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.

Otra posibilidad es emplear la «Regla Tres veces Programación», según la cual el esfuerzo de desarrollo del proyecto software es tres veces el esfuerzo necesario para la fase de programación.

Otra más precisa que la anterior es emplear la «Regla del Modelo del Ciclo de Vida», según la cual el esfuerzo de desarrollo del software se distribuye porcentualmente entre las distintas fases del ciclo de vida según la siguiente distribución:

- Estudio de viabilidad: 10 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Planificación y requisitos: 17 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Diseño general: 15 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Diseño detallado: 15 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Desarrollo: 33 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.
- Pruebas: 10 por 100 del esfuerzo total de desarrollo.

En cualquier caso, como no todos los proyectos son iguales, deben ser las características de cada proyecto las que impongan la distribución adecuada del esfuerzo.

## 4. TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN.

La planificación temporal de un Proyecto de Desarrollo de un Sistema de Información es totalmente similar a la de cualquier otro esfuerzo de desarrollo multitarea, y además, se pueden utilizar las técnicas y herramientas generales de planificación temporal de proyectos.

Las dos técnicas de planificación temporal más conocidas son el método PERT (Program Evaluation and Review Technique) o Técnica de Evaluación y Revisión de Programas y el CPM (Critical Path Method) o método del camino crítico.

#### 4.1. EL MÉTODO PERT.

El método PERT parte de la descomposición del proyecto en una serie de tareas o actividades y tiene como finalidad establecer las dependencias entre las distintas tareas del proyecto para saber de qué manera han de encadenarse dichas tareas en la planificación.

El método PERT nació en el año 1958 para paliar las dificultades de programación, coordinación y control que tenía la Marina de Estados Unidos en el desarrollo del proyecto del submarino atómico «Polaris». En este proyecto participaban 250 contratistas directos y más de 9.000 subcontratistas. La aplicación del PERT ahorró, según los estudios que se hicieron, dos años en la ejecución del proyecto.

Por otra parte, en 1957 las empresas norteamericanas Dupont y Remington Rand Univac desarrollaron el método CPM como método para la planificación y control del mantenimiento de equipos industriales.

En sus versiones originales, PERT y CPM presentaban claras diferencias, pero con el paso del tiempo han ido fundiéndose en un solo sistema, perdiéndose así la filosofía que caracterizaba a cada una de ellas. No obstante, la diferencia fundamental entre PERT y CPM se centra en que mientras que el PERT estima la duración de las actividades en sentido probabilístico, lo que se lleva a cabo solamente para un nivel de coste, el CPM relaciona la duración y el coste, realizando la elección de la duración adecuada de forma que el coste total sea mínimo.

La aplicación del método PERT proporciona a la dirección del proyecto la siguiente información:

- Duración media de las actividades y, consecuentemente, duración media del proyecto.
- Probabilidad de adelantar o retrasar el proyecto con relación a la duración programada.
- Secuencia en que deben realizarse las actividades.
- Actividades críticas (aquellas en las que un retraso en su desarrollo, con relación a lo programado, implica un retraso en la finalización del proyecto), y actividades no críticas y el tiempo en que las mismas pueden retrasar su ejecución sin perjudicar a la duración prevista del proyecto (holguras).
- Situación de la ejecución del proyecto en una fecha determinada, en relación a la programación realizada.
- Conocer con suficiente antelación el listado de las actividades del proyecto a realizar en un próximo futuro.

Tanto PERT como CPM proporcionan unas herramientas cuantitativas que permiten al planificador del software:

1. Determinar el camino crítico, es decir, la secuencia de tareas que determina la duración total del proyecto.

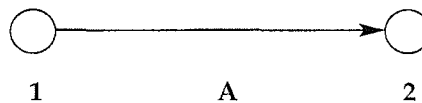


2. Establecer las estimaciones de tiempo más probables para las tareas individuales, aplicando modelos estadísticos.
3. Calcular los límites de tiempo que definen un margen temporal para cada tarea individual, es decir, las holguras.

#### 4.1.1. Conceptos básicos del PERT.

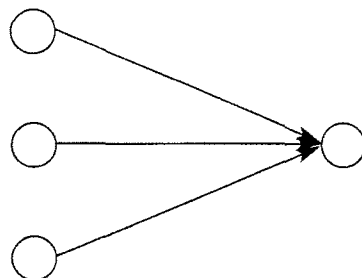
A continuación se definen algunos conceptos básicos necesarios para la estandarización y comprensión de los términos que se utilizan para aplicar el método PERT.

- **Actividad:** es todo acto caracterizado por una duración y que es necesario para alcanzar un cierto objetivo en el ámbito de un proyecto. Se representa por una flecha, que se dibujará de acuerdo con las necesidades y comodidad de presentación de la red (horizontal, vertical, ascendente, descendente, curva, recta, etc.) y cuya longitud no expresa la duración de la actividad.
- **Suceso:** también llamado nodo o evento, es un acontecimiento en el tiempo, es decir, una fecha. No consume recursos y sólo indica el comienzo o final de una actividad. El suceso final de una actividad será el suceso inicial de la actividad siguiente. Se representa por un círculo.

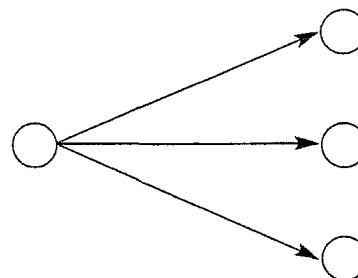


- **Camino:** es una sucesión de sucesos.
- **Prelaciones o restricciones:** son las condiciones que indican qué posición ocupan las distintas actividades en un proyecto. Es decir, permiten conocer qué actividades es necesario ejecutar antes de iniciar una actividad determinada. La actividad A precede a la B se indica como  $A < B$ .

Varias actividades pueden terminar en un suceso (actividades convergentes) o comenzar en un mismo suceso (actividades divergentes).



Actividades convergentes



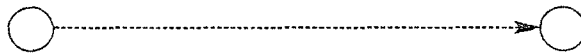
Actividades divergentes

Los tipos de prelación existentes son, entonces:

- Lineales: para iniciar una actividad es necesario que haya finalizado otra.  $A < B$ .
- Convergentes: para iniciar una actividad es necesario que hayan finalizado otras.  $A, B \text{ y } C < D$ .
- Divergentes: para iniciar un conjunto de actividades es necesario que haya finalizado otra.  $A < B, C \text{ y } D$ .
- Convergentes y divergentes: para iniciar un conjunto de actividades es necesario que hayan finalizado otra serie de ellas.  $A \text{ y } B < C \text{ y } D$ .

Para solventar los problemas que pueden presentarse en la construcción del grafo PERT debido a las prelación existentes, se utilizan actividades ficticias, también llamadas «ligaduras», las cuales, ni consumen recursos, ni tienen duración. Se representan mediante flechas de trazo discontinuo.

Las actividades ficticias se utilizan para indicar que una actividad tiene una interrelación o continuación con otra, o para representar en algunas ocasiones un tiempo de espera para poder iniciar la actividad siguiente.



Algunos ejemplos de utilización de actividades ficticias en la construcción de un grafo PERT son los siguientes:

1. Dos actividades que parten de un mismo suceso y llegan a un mismo suceso. Esto produce confusión de tiempo y de continuidad. Debe abrirse el suceso inicial o el suceso final en dos sucesos y unirlos con una actividad ficticia.



(a)

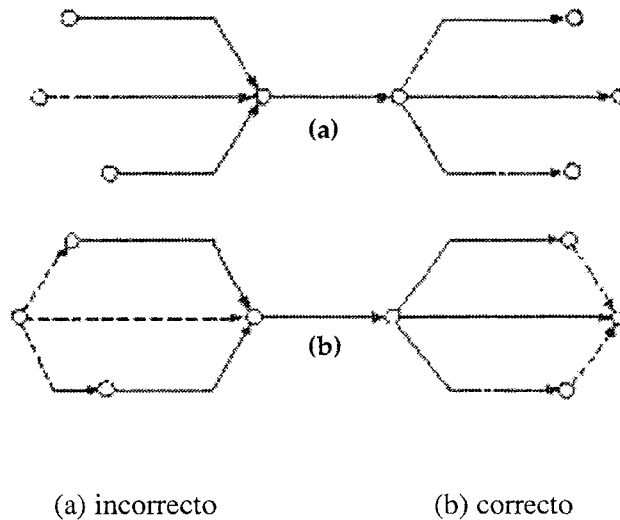
(a) incorrecto



(b)

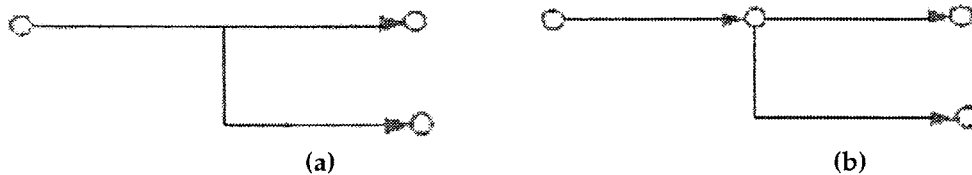
(b) correcto

2. Dejar eventos sueltos al terminar la red. Todos ellos deben relacionarse con el evento inicial o con el evento final.



Otro problema que se puede presentar en la construcción de un grafo PERT es el siguiente:

Partir una actividad de una parte intermedia de otra actividad. Toda actividad debe empezar invariablemente en un suceso y terminar en otro. Cuando se presenta este caso, a la actividad base o inicial se le divide en sucesos basándose en porcentajes y se derivan de ellos las actividades secundadas.



- Tiempo «early» de un suceso: es el tiempo mínimo necesario para llegar a ese suceso; es decir, la fecha más temprana en que puede ser alcanzado. Su cálculo se realiza partiendo del suceso inicial del proyecto, al que se le asigna un «early» igual a cero. El «early» del último suceso indica la duración del proyecto.

Sean dos actividades (m-p) y (n-p), cuyas duraciones respectivas son  $D_{mp}$  y  $D_{np}$ , y sean  $t_m$  y  $t_n$  los tiempos «early» de los sucesos «m» y «n», respectivamente. Se define el tiempo «early» del suceso «p»,  $t_p$ , como el valor máximo entre  $t_m + D_{mp}$  y  $t_n + D_{np}$ .

Es decir, para determinar el «early» de un suceso, se consideran todas las actividades que convergen en dicho suceso, se calcula la suma «early» del suceso inicio de la actividad más la duración de la actividad, y se toma el valor máximo.

- Tiempo «last» de un suceso: es el máximo tiempo hasta el que se puede retrasar la llegada de una o varias actividades a un suceso, de forma que no se retrase la duración del proyecto. Su cálculo se realiza partiendo del suceso final del proyecto, al que se le asigna un «last» igual al «early» calculado para ese suceso.

Sean dos actividades (i-j) e (i-k), cuyas duraciones respectivas son  $D_{ij}$  y  $D_{ik}$ , y sean  $t_j^*$  y  $t_k^*$  los tiempos «last» de los sucesos «j» y «k», respectivamente. Se define el tiempo «last» del suceso «i»,  $t_i^*$ , como el valor mínimo entre  $t_j^* - D_{ij}$  y  $t_k^* - D_{ik}$ .

Es decir, para determinar el «last» de un suceso, se consideran todas las actividades que divergen de dicho suceso, se calcula la suma «last» del suceso final de la actividad menos la duración de la actividad, y se toma el valor mínimo.

- Holgura total de una actividad: es el tiempo que resulta de restar al «last» del suceso final de la actividad el «early» del suceso inicial de la misma y su duración. La holgura total indica el número de unidades de tiempo que se puede retrasar una actividad sin que se perjudique la duración del proyecto.

Dada una actividad (m-p), de duración  $D_{mp}$ , y siendo  $t_m$  el «early» del suceso inicial «m», y  $t_p^*$  el «last» del suceso final «p», la holgura total de la misma viene dada por la expresión:

$$HT_{mp} = t_p^* - t_m - D_{mp}$$

- Holgura libre de una actividad: es el tiempo que resulta de restar al «early» del suceso final de la actividad el «early» del suceso inicial de la misma y su duración. La holgura libre representa la parte de la holgura total que puede ser consumida por una actividad, sin perjudicar a las siguientes actividades. Esto es, indica la cantidad de holgura disponible después de haber realizado la actividad, si las demás actividades del proyecto han aumentado su «early».

Dada una actividad (m-p), de duración  $D_{mp}$ , y siendo  $t_m$  el «early» del suceso inicial «m», y  $t_p$  el «early» del suceso final «p», la holgura libre de la misma viene dada por la expresión:

$$HL_{mp} = t_p - t_m - D_{mp}$$

- Camino crítico: es el formado por las actividades críticas, desde el primero al último suceso del proyecto.

Una actividad es «crítica» si al retrasarse su fecha de comienzo o terminación ocasiona un retraso en la duración total del proyecto. Es decir, las actividades críticas son aquellas cuya holgura total es cero.

#### 4.1.2. Pasos a seguir en la confección de un PERT.

La aplicación del método PERT supone seguir sistemáticamente el siguiente conjunto de pasos:

1. Análisis y descomposición del proyecto en actividades.
2. Establecimiento de las prelación entre las actividades. Es decir, creación de la red de tareas y paralelismo entre ellas.
3. Construcción del grafo y numeración de los sucesos.
4. Asignación de tiempos a las actividades.

El PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad, la distribución beta. Según esta hipótesis, el tiempo PERT o tiempo promedio de duración de una actividad viene dado por la expresión:

$$D = (a + b + 4m) / 6$$

- «a» es el tiempo optimista, y representa el tiempo mínimo en que podría realizarse una actividad en el supuesto de que todo sucediese excepcionalmente bien.
- «b» es el tiempo pesimista, y representa el tiempo máximo en que podría realizarse una actividad si todas las circunstancias que influyen en su duración fuesen desfavorables.
- «m» es el tiempo más probable, y representa el tiempo en que podría realizarse una actividad si todas las circunstancias que influyen en su duración no fuesen excesivamente favorables ni desfavorables.

(Una diferencia entre el método PERT y el CPM es que este último considera que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinística y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados).

5. Cálculo de los tiempos «early» y «last» de cada suceso.
6. Cálculo de las holguras de cada actividad.
7. Determinación del camino crítico.
8. Cálculo de la probabilidad de adelanto o retraso del proyecto, en relación a su tiempo medio de realización.

La probabilidad de terminar el proyecto en un tiempo «t» se obtiene a partir de la expresión de la varianza tipificada:  $V_t = (t - D_p) / (V_p)^{1/2}$ .

- $D_p$  es la duración del proyecto y es igual a la suma de la duración de todas las actividades críticas.
  - $V_p$  es la varianza del proyecto y su valor viene dado por la suma de la varianza de todas las actividades críticas. (Si «A» es una actividad crítica, su varianza viene dada por la expresión:  $V_A = \{(b - a) / 6\}^2$ , siendo «b» el tiempo pesimista y «a» el optimista).
9. Establecimiento del calendario. Para ello se utiliza un diagrama de Gantt, en el que, además, se señalarán los hitos o puntos de seguimiento y control del proyecto.

#### 4.1.3. Relación entre la duración y el coste directo de una actividad.

En todo proyecto hay que tratar de elegir la combinación duración/coste óptima de las actividades. Para ello se buscará, para cada actividad, el incremento de coste directo por unidad de tiempo, el cual nos permitirá conocer cuánto disminuye el coste de la misma al aumentar una unidad de tiempo su duración.

Sea una actividad cuya duración en condiciones normales es  $D_n$  y cuyo coste directo en tales condiciones es  $C_n$ . Vamos a designar por  $D_t$  a la duración tope de dicha actividad, entendiendo por tal, aquella duración que no se puede disminuir más, aunque se incremente el coste. El coste de la actividad correspondiente a la duración tope vamos a denominarlo coste tope  $C_t$ .

Se define el incremento de coste directo por unidad de tiempo como el cociente:

$$\Delta c = (C_n - C_t) / D_t - D_n$$

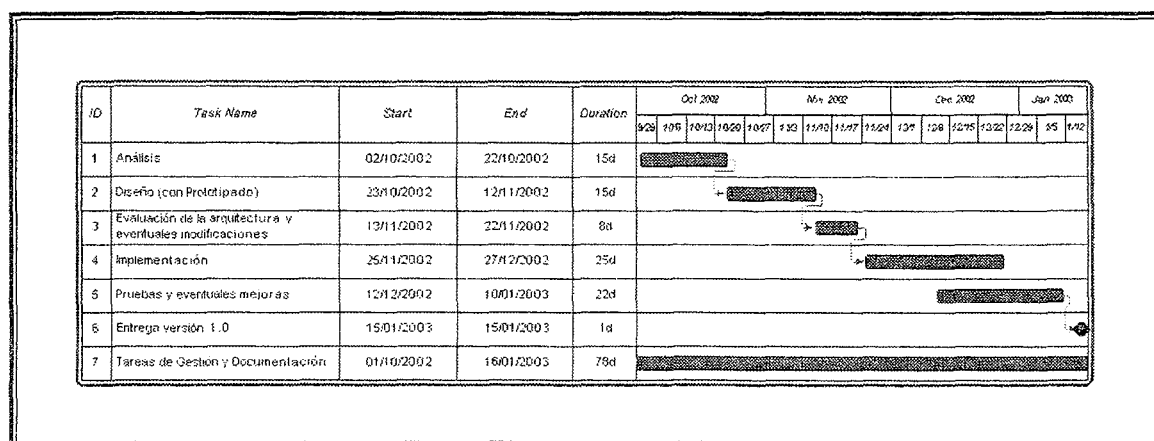
Para reducir la duración de un proyecto, la primera condición es reducir la duración de las actividades críticas, y la segunda es elegir, entre estas actividades, las que tienen menor incremento de coste directo por unidad de tiempo.

#### 4.2. EL DIAGRAMA DE GANTT.

Como complemento idóneo del PERT y CPM, conviene mencionar el diagrama de Gantt o Cronograma, cuyo objetivo es la representación del plan de trabajo, mostrando las tareas a realizar, el momento de su comienzo y su terminación y la forma en que las distintas tareas están encadenadas entre sí.

El Diagrama de Gantt es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, y consta de una escala dividida en unidades de tiempo, situada en la horizontal de la parte alta del gráfico y de un listado de las actividades, relacionadas de forma vertical, situadas en la parte izquierda del gráfico. Una barra o línea expresa la duración de cada actividad en relación con la escala de tiempos. A diferencia del PERT y CPM, el Gantt realiza la planificación y la programación al mismo tiempo. Es decir, la longitud de la barra que representa cada actividad indica las unidades de tiempo que consume la misma.

A continuación se muestra un Diagrama de Gantt de alto nivel que muestra el desarrollo de las principales tareas del proyecto a lo largo del tiempo:

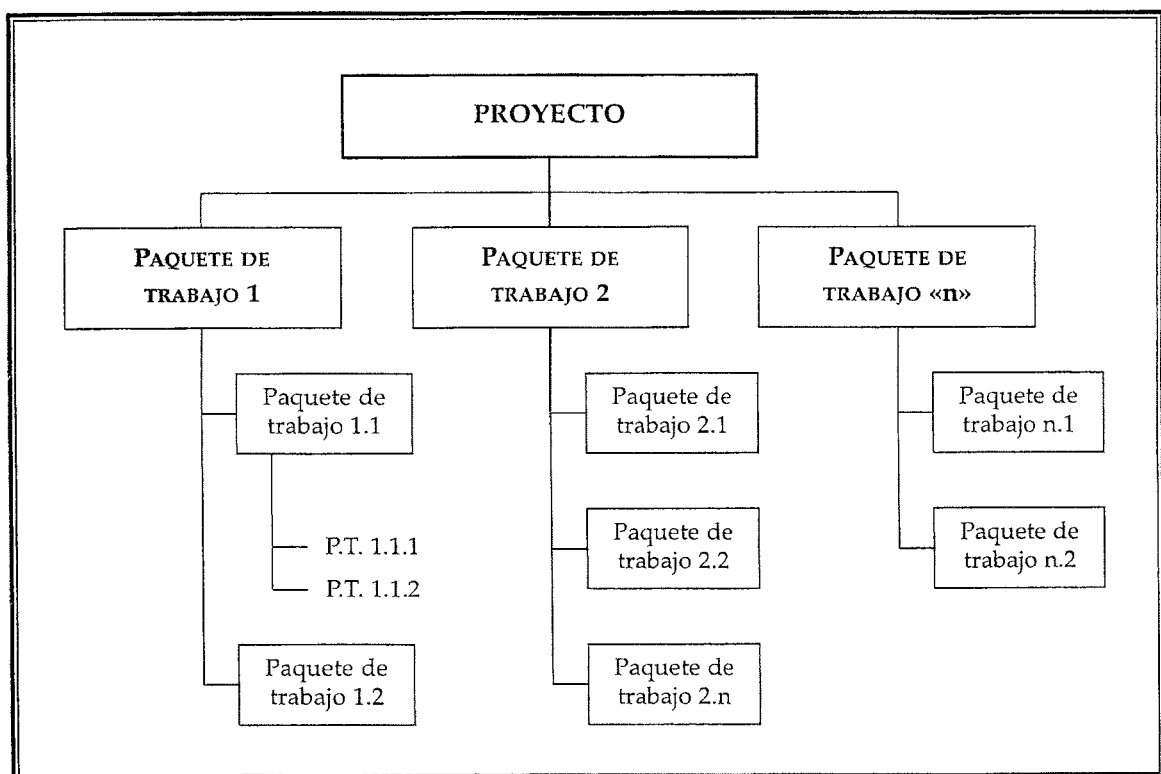


#### 4.3. ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJOS (WBS).

Además de las mencionadas PERT (o CPM) y Diagrama de Gantt, técnicas esenciales e imprescindibles en la planificación de proyectos, también se puede utilizar la Estructura de Descomposición de Trabajos WBS (Work Breakdown Structure).

Esta técnica permite estructurar las actividades sirviendo de lista de comprobación y de herramienta de contabilidad analítica del proyecto. La WBS presenta una descomposición de las actividades de un proyecto según su naturaleza, las cuales se asignan posteriormente a las cuentas utilizadas como soporte de la contabilidad.

El formato de representación de un WBS es el siguiente:



#### 5. RECURSOS DEL PROYECTO.

Los recursos requeridos para acometer el esfuerzo de desarrollo de un sistema de información son de dos tipos: recursos humanos y recursos técnicos, es decir, herramientas hardware y software para dar soporte al desarrollo.

Cada recurso debe ser especificado mediante cuatro características:

- Descripción del recurso (habilidades requeridas en el caso del personal).
- Informe de disponibilidad del recurso.

- Fecha cronológica en la que se requiere el recurso (fecha de comienzo).
- Tiempo durante el que será aplicado el recurso (duración del uso de la herramienta, o duración de las tareas en el caso del personal).

### 5.1. RECURSOS HUMANOS. ASIGNACIÓN AL PROYECTO.

Las personas constituyen el requerimiento primario para el desarrollo del software. Su participación varía a lo largo del ciclo de vida, por lo que el número de personas requerido para un proyecto sólo puede ser determinado después de hacer una estimación del esfuerzo de desarrollo.

Para planificar los recursos humanos se debe comenzar evaluando el ámbito del proyecto y seleccionando las habilidades técnicas que se requieren para llevar a cabo el desarrollo. Hay que especificar tanto la posición de la persona dentro de la organización (su categoría), como su especialización. En definitiva, la asignación de los recursos humanos es una tarea fundamental en la planificación, por ello es necesario considerar los siguientes aspectos a la hora de asignarlos:

- Cuantificar las necesidades y las fechas de incorporación de los recursos humanos.
- Obtener un patrón que marque los límites del proyecto.
- Considerar la capacidad, conocimientos y experiencia de cada persona.
- Considerar la complejidad, tamaño y requerimientos técnicos de cada tarea.
- Asignar las tareas sencillas a personas con poca experiencia y las complejas a personas con mucha experiencia, a fin de no infrautilizar los recursos.
- Construir el histograma de recursos para verificar la coherencia de las asignaciones.
- Tratar de asignar una tarea a una única persona, descomponiendo cuanto sea necesario.

#### 5.1.1. Patrón de límites e histograma de recursos.

Uno de los aspectos a considerar en la asignación de recursos humanos a un proyecto es la obtención de un patrón que marque los límites del mismo, y cuyo objetivo es establecer los límites de recursos aproximados.

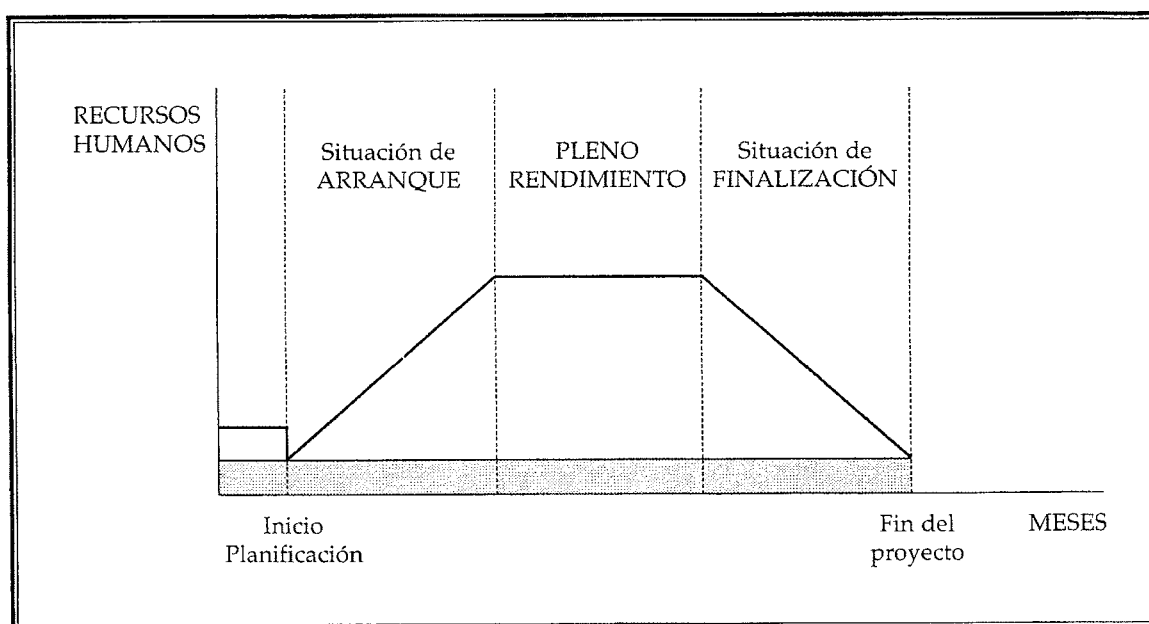
Para obtener el patrón de límites, una vez conocidos por la estimación el esfuerzo total de desarrollo del proyecto (en meses-hombre, con decimales) y el plazo de entrega (en meses, con decimales), habrán de realizarse las siguientes operaciones:

- Deducir el esfuerzo y duración correspondientes al Diseño Funcional, ya que es una fase con un tipo de actividades diferentes al resto.
- Considerar que todo proyecto tiene tres situaciones claramente diferenciadas: el arranque, en la que se van incorporando personas hasta alcanzar el número máximo; el pleno rendimiento, que es una situación de estabilidad en cuanto al número de recursos; y la finalización, en que a medida que van terminándose las tareas disminuyen las personas.



- Distribuir los recursos humanos. Para ello, una vez obtenido el número de recursos medios:
  - Considerar que las tres fases del proyecto (arranque, pleno rendimiento y finalización) tienen una duración aproximadamente igual.
  - Considerar que el Jefe de Proyecto está presente durante todo el ciclo de vida.
  - Dividir la duración estimada, sin la parte de Diseño Funcional, en tres partes iguales.
  - Distribuir la mitad del esfuerzo estimado, sin la parte de Diseño Funcional, en la situación de pleno rendimiento, y la mitad restante, a partes iguales, entre las situaciones de arranque y finalización.

Como consecuencia de esto se obtiene un gráfico que sirve para establecer los límites de la asignación de recursos.



Para reflejar la incorporación de los recursos humanos al proyecto se utiliza el histograma de recursos. Para su realización ha de considerarse el máximo de recursos humanos que proporciona el patrón de límites, y debe reflejar con exactitud los recursos humanos utilizados en el Diagrama de Gantt.

## 5.2. RECURSOS TÉCNICOS.

Tanto el hardware como el software y la reutilización del mismo son recursos que se utilizan para construir nuevo software.

Por lo que se refiere al hardware, durante la planificación del proyecto se deben considerar tres categorías de recursos:

- El sistema de desarrollo o sistema anfitrión; esto es, el ordenador y los periféricos asociados que se utilizarán durante la fase de desarrollo del software.
- La máquina objetivo, es decir, el procesador que ejecutará el software como parte del sistema informático. O sea, el procesador donde va a ser implantado y va a correr el software. Normalmente, el sistema de desarrollo y la máquina objetivo son el mismo.
- Otros elementos hardware del nuevo sistema.

En cuanto al software, las principales herramientas software se pueden clasificar, jerárquicamente, en las siguientes categorías:

1. Herramientas orientadas al código. Son los compiladores de lenguajes, editores, programas de ayuda a la depuración, etc.
2. Herramientas de metodología. Son aquellas que dan soporte a la planificación del proyecto, al análisis de los requerimientos, al diseño, a las pruebas, a la gestión de la configuración, al mantenimiento, etc.
3. Herramientas CASE. Las herramientas CASE integran todas o parte de las herramientas anteriores en un único entorno, constituyendo un sistema en sí mismo.

Si se atiende a la funcionalidad de las herramientas software, se puede establecer esta otra clasificación:

- a) Herramientas de gestión de proyectos. Son las de estimación, las de planificación y las de seguimiento y control.
- b) Herramientas de análisis y diseño. Permiten crear un modelo del sistema a construir.
- c) Herramientas de programación. Por ejemplo, las utilidades software del sistema, los compiladores, los depuradores, etc.
- d) Herramientas de prueba e integración. Por ejemplo, los analizadores de caminos, las pruebas de regresión automática, las herramientas de generación de datos de prueba, etc.
- e) Herramientas de simulación y de creación de prototipos. Se centran en la creación de pantallas e informes que permitirán al usuario entender el ámbito de entrada y salida del sistema.
- f) Herramientas de mantenimiento.

Por otra parte, la reutilización del software también es otro recurso software, que consiste en la creación y reutilización de los bloques que constituyen el software. Dichos bloques deben estar catalogados, para su fácil referencia, estandarizados, para una fácil aplicación y validados, para su fácil integración.

## 6. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.

Una vez que se ha establecido la agenda de desarrollo del proyecto, comienza la actividad de seguimiento y control del mismo. El seguimiento es la recolección de datos y su almacenamiento, sobre tiempos, recursos, costes e hitos asociados con un proyecto, para el análisis y estudio de la evolución real de dicho proyecto, comparando el progreso real con el planificado.

El seguimiento se puede llevar a cabo de diferentes formas:

- Realizando reuniones periódicas sobre el estado del proyecto.
- Evaluando los resultados de todas las revisiones realizadas.
- Determinando si los hitos formales del proyecto se han alcanzado en la fecha programada.
- Comparando la fecha de comienzo real de cada tarea con la fecha de comienzo planificada.

Por su parte, el control se utiliza para administrar los recursos del proyecto, para hacer frente a los problemas y para dirigir al personal. Más concretamente, en el proceso de control se pueden definir cuatro pasos:

1. Definir una medida. Las fechas planificadas definen las medidas para controlar el tiempo. Es vital medir el progreso sobre una línea base fija, ya que si se mide sobre la última actualización del plan, se pierde el control.
2. Registrar el avance. El avance se registra en función de los tiempos de comienzo y terminación actuales.
3. Cálculo de la desviación. La desviación se calcula en forma de retrasos en la terminación de los trabajos críticos, o como holgura restante de las actividades subsiguientes. Dado que con el trabajo pasado no se puede hacer nada, es mejor centrarse en la holgura del trabajo restante, o en las futuras demoras en el comienzo de los trabajos críticos.
4. Tomar acciones. Una vez recopilada toda la información sobre las desviaciones producidas, se han de tomar las acciones correctoras pertinentes, reasignando recursos y plazos a cumplir.

## 6.1. EL DIAGRAMA DE EXTRAPOLACIÓN.

El Diagrama de Extrapolación es una técnica que se utiliza para obtener previsiones de las desviaciones en la duración del desarrollo de un proyecto y para realizar el seguimiento del proyecto.

Los Diagramas de Extrapolación constituyen un modo de representación gráfica de la cronología de las estimaciones del consumo de recursos necesarios para la consecución de un hito. En el eje de abscisas se representan los períodos de tiempo de seguimiento del proyecto, y en el eje de ordenadas, las estimaciones de duración para la realización del hito considerado.

La interpretación de estos diagramas se basa en la hipótesis de que si existe una desviación, su tendencia es a permanecer o empeorar a no ser que se tomen las medidas oportunas. Por ello, se trata de estimar la nueva fecha de fin del proyecto extrapolando la tendencia constatada en un momento determinado del desarrollo.

## 7. EL PLAN DEL PROYECTO.

Cada paso del proceso de desarrollo de un Sistema de Información debe producir algo que se pueda entregar, que se pueda revisar y que pueda servir de base para los pasos posteriores. El Plan del

Proyecto se produce como culminación de la etapa de planificación y constituye una guía para la gestión del proyecto, proporcionando una línea base con información de costes y de agenda, que se utilizará a lo largo del ciclo de vida del software.

El Plan del Proyecto, cuyo contenido se indica a continuación, es un documento relativamente breve, dirigido a una audiencia diversa y debe:

- Comunicar el ámbito y los recursos a los gestores del software, al personal técnico y a los clientes.
- Definir los riesgos y sugerir técnicas de aversión al riesgo.
- Definir el coste y la agenda de la revisión de la gestión.
- Proporcionar un enfoque global del desarrollo del software para todas las personas involucradas en el proyecto.

PLAN DEL PROYECTO DE SOFTWARE	
<p><b>I. INTRODUCCIÓN.</b></p> <p>A) Alcance y propósito del documento.</p> <p>B) Objetivos del proyecto.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objetivos.</li> <li>2. Funciones principales.</li> <li>3. Aspectos de funcionamiento.</li> <li>4. Restricciones técnicas y de gestión.</li> </ol> <p><b>II. ESTIMACIONES DEL PROYECTO.</b></p> <p>A) Datos históricos utilizados en las estimaciones.</p> <p>B) Técnicas de estimación.</p> <p>C) Estimaciones.</p> <p><b>III. RIESGOS DEL PROYECTO.</b></p> <p>A) Análisis del riesgo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación.</li> <li>2. Estimación del riesgo.</li> <li>3. Evaluación.</li> </ol> <p>B) Gestión del riesgo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Opciones de aversión al riesgo.</li> <li>2. Procedimientos de supervisión del riesgo.</li> </ol>	<p><b>IV. AGENDA.</b></p> <p>A) Estructura de descomposición de trabajos del proyecto.</p> <p>B) Red de tareas.</p> <p>C) Diagrama temporal (Diagrama PERT).</p> <p>D) Tabla de recursos.</p> <p><b>V. RECURSOS DEL PROYECTO.</b></p> <p>A) Personas.</p> <p>B) Hardware y software.</p> <p>C) Recursos especiales.</p> <p><b>VI. ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL.</b></p> <p>A) Estructura de equipos.</p> <p>B) Información de gestión.</p> <p><b>VII. MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.</b></p> <p><b>VIII. APÉNDICES.</b></p>

## 8. HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS.

Una diferencia entre estimación y planificación radica en las herramientas automáticas que se utilizan para realizar dichas actividades. Normalmente, las herramientas de estimación son sistemas expertos contruidos a partir de las reglas derivadas de miles de proyectos, en cambio, las de planificación son herramientas para ser utilizadas por personas expertas, de hecho, son las más utilizadas por los jefes de proyectos.

Algunas de las herramientas de planificación más representativas son:

- CA-PLANMACS. Esta herramienta permite generar planes detallados de proyectos a partir de unas estimaciones dadas. El plan de proyecto queda definido por un árbol jerárquico con cuatro niveles: proyecto, fases, tareas y actividades, y por unos factores de distribución del esfuerzo, la duración y el personal. Dependiendo del ciclo de vida del proyecto, existe un árbol jerárquico diferente.
- SuperProject, MicrosoftProject y Project Manager Workbench. Estas tres herramientas también permiten generar planes detallados, aunque éstos hay que introducirlos manualmente, y realizar un seguimiento semiautomático de los mismos.

## 9. INTRODUCCIÓN A LA VERSIÓN 3 DE LA METODOLOGÍA MÉTRICA.

En 1993, siguiendo las directrices del Consejo Superior de Informática, el Ministerio para las Administraciones Públicas publicaba la Metodología de Planificación y Desarrollo de Sistemas de Información MÉTRICA versión 2.

La favorable acogida que tuvo la metodología, no sólo por parte de la Administración General del Estado, ámbito para el que fue concebida, sino también por las Administraciones Autonómicas y Locales, así como por algunas Universidades, que la utilizaron como texto, y por distintas empresas de desarrollo, impulsó el afán de mejorar dicha versión, atendiendo a las observaciones formuladas por sus numerosos usuarios y al empeño de la Administración de mejorar continuamente los productos que ofrece. Así, en 1995, dos años después de MÉTRICA versión 2, vio la luz la adaptación de la metodología conocida como MÉTRICA versión 2.1.

La versión 2.1, además de corregir las inconsistencias formales detectadas en la versión anterior, mejora sensiblemente las técnicas aplicables al desarrollo de Sistemas de Información, especialmente el Modelado de Datos, y aporta numerosos ejemplos para su mejor entendimiento.

Conscientes de que la versión 2.1 de MÉTRICA no aborda algunos aspectos relativos al desarrollo de Sistemas de Información que cada vez adquieren mayor importancia, como la arquitectura cliente-servidor, las técnicas orientadas a objetos, la gestión de la configuración, la estimación de recursos, la seguridad, la calidad, etc., paralelamente a su presentación, el Ministerio para las Administraciones Públicas, siguiendo las directrices emanadas del acuerdo tomado por el Pleno del Consejo Superior de Informática, de 16 de febrero de 1995, adquirió el compromiso de elaborar una nueva versión de la metodología, MÉTRICA versión 3, que subsanara esas «lagunas».

En enero de 2000 se publica a través de Internet, en la dirección del Consejo Superior de Informática (<http://www.csi.map.es/csi/metrica3/>) el primer Borrador de la nueva versión de la metodología, y en enero de 2001 el Borrador definitivo.

El punto de partida de MÉTRICA versión 3 es su versión anterior: MÉTRICA v. 2.1, de la cual ha conservado la adaptabilidad, flexibilidad y sencillez. Lógicamente, en la nueva versión también se han recogido las experiencias de los usuarios de las versiones anteriores, para solventar los problemas o deficiencias detectados.

En la elaboración de MÉTRICA versión 3 se han tenido en cuenta los métodos de desarrollo más extendidos, los últimos estándares de Ingeniería del Software y de Calidad, así como referencias específicas en cuanto a la seguridad y gestión de proyectos.

La metodología MÉTRICA versión 3 se configura como una Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de Sistemas de Información y cubre en una única estructura distintos tipos de desarrollo, tanto el estructurado como el orientado a objetos.

### 9.1. OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE MÉTRICA VERSIÓN 3.

La metodología MÉTRICA versión 3 ofrece a las Organizaciones un instrumento útil para la sistematización de las actividades necesarias para el desarrollo de sistemas de información, así como elementos para asegurar el éxito del proyecto en términos de calidad y coste. MÉTRICA versión 3 es un marco adaptable que permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Proporcionar o definir Sistemas de Información que sirvan a la consecución de los fines de la organización mediante la definición de un marco estratégico para el desarrollo de los mismos.
- Dotar a la organización de productos software que satisfagan las necesidades de los usuarios dando una mayor importancia al análisis de requisitos.
- Mejorar la productividad de los departamentos de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, permitiendo una mayor capacidad de adaptación a los cambios y teniendo en cuenta la reutilización en la medida de lo posible.
- Facilitar la comunicación y entendimiento entre los distintos participantes en la producción de software, teniendo en cuenta su papel y responsabilidad, así como las necesidades de todos y cada uno de ellos.
- Facilitar la operación, el mantenimiento y el uso de los productos software obtenidos.

A diferencia de la versión 2.1, que estructuraba los pasos a seguir en el desarrollo de un sistema en Fases, Módulos, Actividades y Tareas, MÉTRICA versión 3 se estructura en:

- Procesos principales.
- Actividades.
- Tareas.

Además, la metodología facilita la realización de actividades de tipo organizativo como apoyo al propio proceso de desarrollo. Estas actividades se han denominado «interfaces» y son cuatro:

- Gestión de Proyectos.
- Gestión de Configuración.
- Aseguramiento de Calidad.
- Seguridad.

Los procesos principales especifican qué hay que hacer, cómo y cuándo para obtener los productos.

Cada uno de los Procesos se descompone en actividades y éstas a su vez en tareas. Para cada tarea la metodología describe su contenido haciendo referencia a sus principales acciones, productos a obtener y la relación entre los productos obtenidos en cada tarea y el producto final de cada actividad o proceso, así como las técnicas que se emplean y los participantes implicados en la realización de dicha tarea.

Las actividades y tareas propuestas en la estructura de MÉTRICA versión 3 se pueden automatizar en gran parte por medio del uso de herramientas de ayuda al desarrollo existentes en el mercado, ya que las técnicas que se aplican para la realización de actividades y tareas, están soportadas por una amplia variedad de dichas herramientas.

El orden asignado a las actividades no debe interpretarse como secuencia en su realización, ya que éstas pueden realizarse en orden diferente a su codificación o bien en paralelo, como se muestra en los gráficos de cada proceso. Sin embargo, no se dará por concluido un proceso hasta no haber terminado todas las actividades del mismo que se haya determinado realizar al inicio del proyecto.

MÉTRICA versión 3 es flexible en el sentido de que puede aplicarse a cualquier tipo de proyecto, sea cual sea el entorno o las características de la instalación y la organización. Como es lógico, en función del proyecto, la organización, etc., habrá que realizar una adaptación previa y determinar los procesos, actividades y tareas a realizar, los participantes y el resto de los elementos de la estructura de MÉTRICA versión 3.

En MÉTRICA versión 3 se especifica quién debe realizar cada tarea, reforzando la participación de los usuarios, de forma que dicha participación no se limite a labores informativas y a tareas de verificación, aumentando así su responsabilidad en la definición de requisitos.

Asimismo, respecto a la versión 2.1, la metodología MÉTRICA v.3:

- Amplía el enfoque de la Planificación de Sistemas de Información, pasando a Planificación Estratégica.
- Da respuesta formal a problemáticas específicas de diseño, mediante la incorporación de tecnologías tipo cliente/servidor, interfaces de usuario basadas en entornos gráficos, etc.

- Refuerza las pruebas, a través del plan de pruebas y mejora los procedimientos de prueba.
- Incluye el mantenimiento como proceso principal, complementando al proceso de desarrollo.

## 9.2. ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA MÉTRICA VERSIÓN 3.

La Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de Sistemas de Información MÉTRICA versión 3 estructura su contenido en cuatro documentos:

1. Estructura principal.
2. Interfaces.
3. Técnicas y prácticas.
4. Participantes.

El documento denominado «Estructura Principal», que se inicia con una Introducción explicatoria de la nueva versión de la metodología, describe para cada Proceso Principal en qué se ha estructurado ésta, las actividades y tareas que lo integran, en una línea similar a la Guía de Referencia de la versión 2.1; esto es, poniendo de manifiesto las acciones a realizar, productos a obtener, técnicas a emplear y participantes implicados en la realización de dicha tarea.

El documento de «Interfaces» describe en la misma línea que el documento anterior las actividades de tipo organizativo que deben realizarse en todo proyecto informático como apoyo al propio proceso de desarrollo.

El documento de «Técnicas» describe los procedimientos que se emplean en la realización de las distintas actividades y tareas que considera la Metodología, en aras a obtener los productos correspondientes a cada una de ellas.

MÉTRICA 3 hace una distinción entre técnicas y prácticas en función del propósito al que respondan. Las técnicas se apoyan en estándares y cumplen unos criterios de calidad en cuanto a la forma de obtención del producto asociado, mientras que las prácticas representan un medio para la consecución de objetivos específicos. Asimismo, agrupa las técnicas en dos conjuntos: técnicas de desarrollo y técnicas de gestión de proyectos, distinguiendo en estas últimas entre técnicas de estimación y técnicas de planificación.

Finalmente, el documento de «Participantes» describe el perfil y el grado de responsabilidad de las personas que deben participar en la realización de cada tarea.

## 10. LOS PROCESOS PRINCIPALES DE LA METODOLOGÍA MÉTRICA VERSIÓN 3.

Siguiendo la tendencia de los últimos estándares de Ingeniería del Software, la metodología MÉTRICA versión 3 tiene un enfoque orientado al proceso, cubriendo:



- El proceso de Planificación de Sistemas de Información (PSI).
- El proceso de Desarrollo de Sistemas de Información.
- El proceso de Mantenimiento de Sistemas de Información (MSI).

Para facilitar la comprensión y dada la amplitud y complejidad del proceso de Desarrollo de Sistemas de Información, MÉTRICA 3 subdivide éste en cinco procesos:

- Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS).
- Análisis del Sistema de Información (ASI).
- Diseño del Sistema de Información (DSI).
- Construcción del Sistema de Información (CSI).
- Implantación y Aceptación del Sistema (IAS).

A continuación se describen los aspectos más relevantes de cada proceso.

#### 10.1. PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN (PSI).

La necesidad cada vez más frecuente de acortar el ciclo de desarrollo de los sistemas de información está orientando a muchas organizaciones a tomar una de estas decisiones: o bien la elección de productos software del mercado tales que su adaptación a los requerimientos establecidos suponga un esfuerzo bastante inferior al de un desarrollo a medida, o bien la contratación de servicios externos en relación con los sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones.

La primera decisión, que en muchas ocasiones es estratégica para una organización, debe tomarse con las debidas precauciones, y es una realidad que está cambiando el escenario del desarrollo de software. Por su parte, la segunda opción conlleva la necesidad de una buena gestión y control de los servicios externos y del riesgo implícito en todo ello, para que sus resultados supongan un beneficio para la organización.

Aunque la existencia de tecnología de reciente aparición permite disponer de sistemas que apoyan la toma de decisiones a partir de grandes volúmenes de información procedentes de los sistemas de gestión integrados en una plataforma corporativa, es necesario para ello tener una visión global que posibilite dicha integración y un modelo de información global de la organización. Todo esto obliga a las organizaciones a disponer de un marco de actuación estratégico en el que se ubiquen los sistemas de información alineados con la estrategia. Para llegar a que dicho marco cumpla el alineamiento mencionado, es necesario que su desarrollo se haga con una visión en la que las necesidades de la organización estén por encima de la tecnología.

El Plan de Sistemas de Información tiene como objetivo la obtención de un marco de referencia para el desarrollo de sistemas de información que respondan a los objetivos estratégicos y operativos de la organización, sin tener en cuenta la perspectiva tecnológica. Dicho marco de referencia consta de:

- Una descripción de la situación actual, que constituirá el punto de partida del Plan de Sistemas de Información. Dicha descripción incluirá un análisis técnico de puntos fuertes y riesgos, así como el análisis de servicio a los objetivos de la organización.

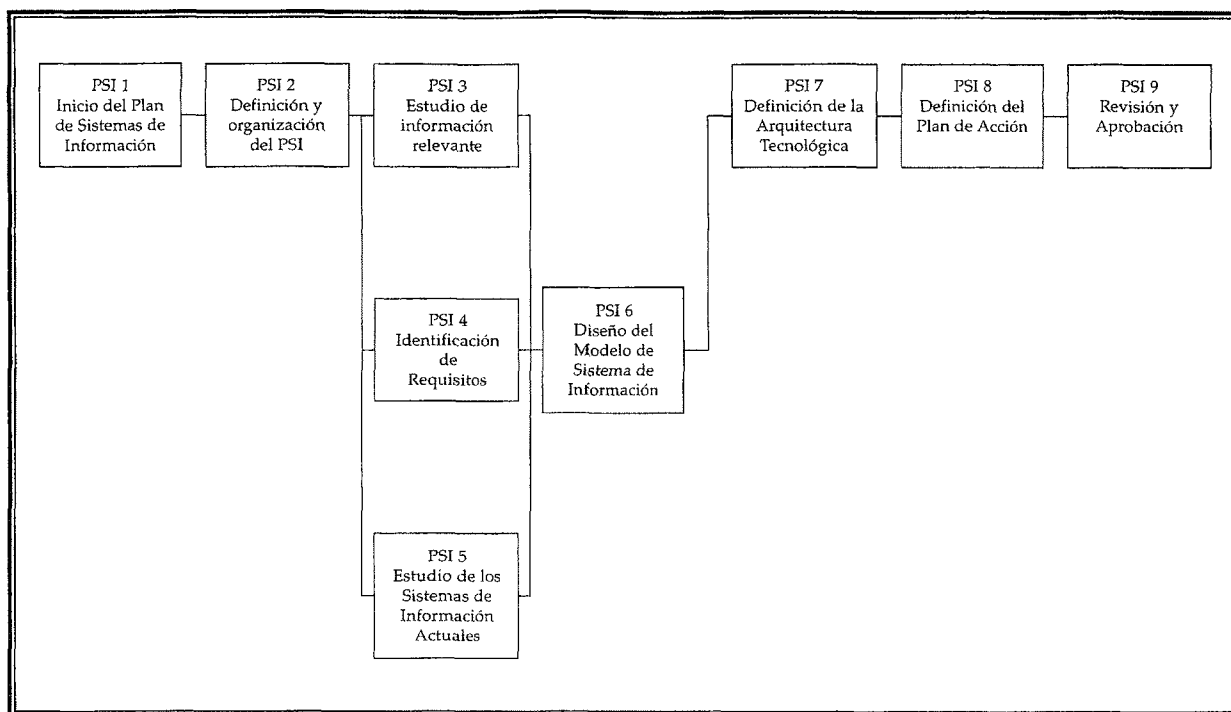
El nivel de detalle con el que se hará el estudio de la situación actual dependerá de la existencia de documentación actual, de si hay personas que conozcan dicha documentación y de la predisposición a una sustitución total o parcial por sistemas de información nuevos. En cualquier caso, como paso previo para detectar aspectos importantes que puedan afectar a la organización, es necesario investigar sus puntos fuertes, las áreas de mejora y los posibles riesgos y amenazas y hacer un diagnóstico de los mismos.

- Una definición de los requisitos generales. En la elaboración del Plan de Sistemas de Información se estudian las necesidades de información de los procesos de la organización afectados por el Plan, con el fin de definir los requisitos generales y obtener un conjunto de modelos que constituirá la arquitectura de información.
- Una propuesta de proyectos a desarrollar en los próximos años, indicando las prioridades cada proyecto, el calendario para su ejecución y la evaluación de los recursos necesarios para los proyectos a desarrollar en el próximo año, con el objetivo de tenerlos en cuenta en los presupuestos. Para el resto de proyectos, bastará una estimación de alto nivel.
- Un plan de seguimiento y cumplimiento de todo lo propuesto mediante unos mecanismos de evaluación adecuados.

A estos efectos, las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Plan de Sistemas de Información (PSI) son las siguientes:

- PSI 1: Inicio del Plan de Sistemas de Información.
- PSI 2: Definición y Organización del Plan de Sistemas de Información.
- PSI 3: Estudio de Información Relevante.
- PSI 4: Identificación de Requisitos.
- PSI 5: Estudio de los Sistemas de Información Actuales.
- PSI 6: Diseño del Modelo de Sistema de Información.
- PSI 7: Definición de la Arquitectura Tecnológica.
- PSI 8: Definición del Plan de Acción.
- PSI 9: Revisión y Aprobación.

El gráfico que representa la secuencia de actividades del proceso PSI es el que se muestra a continuación.



Es fundamental que la alta dirección de la organización tome parte activa en la decisión del Plan de Sistemas de Información con el fin de posibilitar su éxito. La dirección debe convencer a sus colaboradores más directos de la necesidad de realización del plan y apoyar su ejecución con la dotación de unos recursos humanos y económicos de los cuales son responsables. Asimismo, es precisa la colaboración de las unidades organizativas sobre las que recaerá el Plan, las cuales deberán dedicar recursos con la cualificación necesaria para asegurar el éxito del Plan de Sistemas de Información.

## 10.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL SISTEMA (EVS).

Mientras que el Plan de Sistemas de Información tiene como objetivo proporcionar un marco estratégico que sirva de referencia para los Sistemas de Información de un ámbito concreto de una organización, el objetivo del Estudio de Viabilidad del Sistema es el análisis de un conjunto concreto de necesidades para proponer una solución a corto plazo, que tenga en cuenta restricciones económicas, técnicas, legales y operativas. La solución obtenida como resultado del estudio puede ser la definición de uno o varios proyectos que afecten a uno o varios sistemas de información ya existentes o nuevos. Para ello, se identifican los requisitos que se ha de satisfacer y se estudia, en su caso, la situación actual.

A partir del estado inicial, la situación actual y los requisitos planteados, se estudian las alternativas de solución. Dichas alternativas pueden incluir soluciones que impliquen desarrollos a medida, soluciones basadas en la adquisición de productos software del mercado o soluciones mixtas. Se describe cada una de las alternativas, indicando los requisitos que cubre.

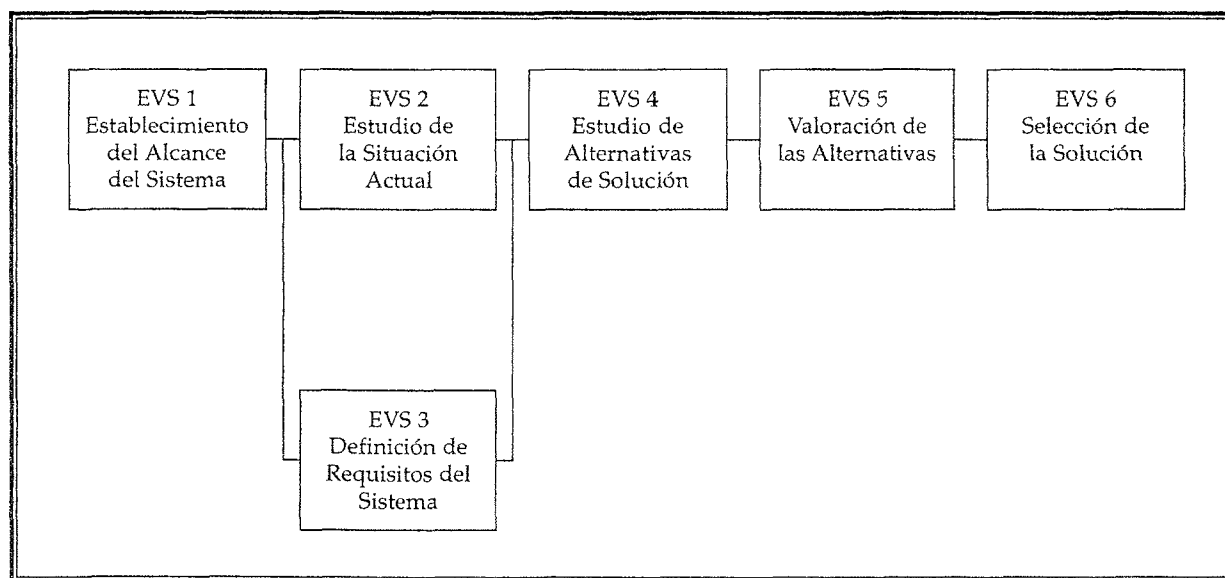
Una vez descrita cada alternativa planteada, se valora el impacto en la organización y la inversión a realizar en cada caso, así como los riesgos asociados. Se hace un análisis de dicha información con el fin de evaluar las distintas alternativas y seleccionar la solución más adecuada, definiendo la misma y estableciendo su planificación.

Si en la organización se ha realizado con anterioridad un Plan de Sistemas que afecte al sistema objeto de este estudio, se dispondrá de un conjunto de productos que proporcionarán información a tener en cuenta en el Estudio de Viabilidad del Sistema.

Las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS) son las siguientes:

- EVS 1: Establecimiento del Alcance del Sistema.
- EVS 2: Estudio de la Situación Actual.
- EVS 3: Definición de Requisitos del Sistema.
- EVS 4: Estudio de Alternativas de Solución.
- EVS 5: Valoración de las Alternativas.
- EVS 6: Selección de la Solución.

El gráfico que representa la secuencia de actividades del proceso PSI es el que se muestra a continuación.



### 10.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN (ASI).

El objetivo de este proceso es la obtención de una especificación detallada del sistema de información que satisfaga las necesidades de información de los usuarios y sirva de base para el posterior diseño del sistema.

MÉTRICA versión 3 cubre tanto desarrollos estructurados como orientados a objetos y las actividades de ambas aproximaciones están integradas en una estructura común.

En primer lugar se realiza la descripción inicial del sistema de información, a partir de los productos generados en el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema. Se delimita el alcance del sistema, se genera un catálogo de requisitos generales y se describe el sistema mediante unos modelos iniciales de alto nivel. También se identifican los usuarios que participan en el proceso de análisis, determinando sus perfiles y responsabilidades, así como la dedicación necesaria por su parte y se elabora el plan de trabajo a seguir.

Con esta información y mediante sesiones de trabajo con los usuarios se elabora un catálogo de requisitos detallado del nuevo sistema que permita describir con precisión el sistema de información y que sirva de base para comprobar que es completa la especificación de los modelos obtenidos en las actividades siguientes: Identificación de Subsistemas de Análisis, Análisis de Casos de Uso, Análisis de Clases, Elaboración del Modelo de Datos, Elaboración del Modelo de Procesos y Definición de Interfaces de Usuario.

Las técnicas que ayudan a la recopilación de los requisitos pueden variar en función de las características del proyecto y los tipos de usuario a entrevistar. Entre ellas podemos citar las reuniones, entrevistas, Joint Application Design (JAD), etc. Durante estas sesiones de trabajo se propone utilizar la especificación de los casos de uso como ayuda y guía en el establecimiento de requisitos. Esta técnica facilita la comunicación con los usuarios y en el análisis orientado a objetos constituye la base de la especificación. Entre los requisitos se indican también las facilidades que ha de proporcionar el sistema y las restricciones a que está sometido en cuanto a rendimiento, frecuencia de tratamiento, seguridad y control de acceso, etc.

La estructuración del sistema de información en subsistemas de análisis facilita la especificación de los distintos modelos y la traza de requisitos. En paralelo, se generan los distintos modelos que sirven de base para el diseño. En el caso de análisis estructurado, se procede a la elaboración y descripción detallada del modelo de datos y de procesos. En el caso de un análisis orientado a objetos se elaboran el modelo de clases y el comportamiento dinámico mediante el análisis de los casos de uso. Se especifican, asimismo, todas las interfaces entre el sistema y el usuario, tales como formatos de pantallas, diálogos, formatos de informes y formularios de entrada.

Con el fin de asegurar que los requisitos son completos (cada modelo obtenido contiene toda la información necesaria recogida en el catálogo de requisitos), consistentes (cada modelo es coherente con el resto de los modelos) y correctos (cada modelo sigue unos criterios de calidad predeterminados respecto a la técnica utilizada, calidad de diagramas, elección de nombres, normas de calidad, etc.), se realiza un Análisis de Consistencia y la verificación y validación de los modelos.

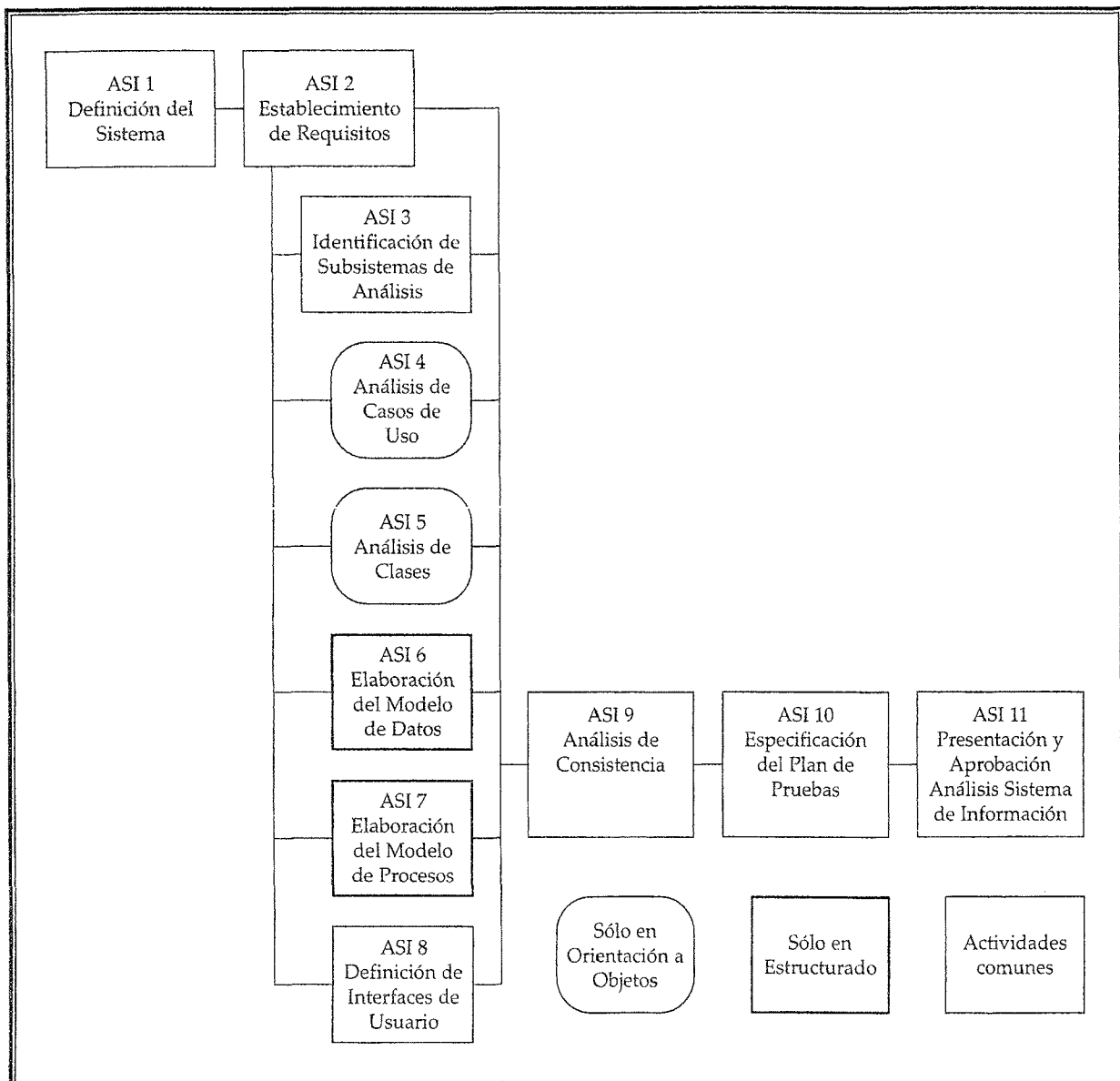
Por último se establece el marco general del plan de pruebas, y se inicia su especificación, que se completará posteriormente en el proceso Diseño del Sistema de Información.

Las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Análisis de Sistemas de Información (ASI) son las siguientes:

- ASI 1: Definición del Sistema.
- ASI 2: Establecimiento de Requisitos.
- ASI 3: Identificación de Subsistemas de Análisis.
- ASI 4: Análisis de Casos de Uso. (Orientación a Objetos).

- ASI 5: Análisis de Clases. (Orientación a Objetos).
- ASI 6: Elaboración del Modelo de Datos. (Estructurado).
- ASI 7: Elaboración del Modelo de Procesos. (Estructurado).
- ASI 8: Definición de Interfaces de Usuario.
- ASI 9: Análisis de Consistencia.
- ASI 10: Especificación del Plan de Pruebas.
- ASI 11: Presentación y Aprobación del Análisis del Sistema de Información.

El siguiente gráfico muestra la relación de actividades del proceso ASI, tanto para desarrollos estructurados como para desarrollos orientados a objetos.



La participación activa de los usuarios es imprescindible en el Análisis del Sistema de Información, ya que garantiza que los requisitos identificados son comprendidos e incorporados al sistema y que éste será aceptado. Para facilitar la colaboración de los usuarios se pueden utilizar técnicas interactivas, como diseño de diálogos y prototipos, que permiten familiarizarse con el nuevo sistema y colaborar en la construcción y perfeccionamiento del mismo.

#### 10.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN (DSI).

El objetivo del proceso de Diseño del Sistema de Información es la definición de la arquitectura del sistema y del entorno tecnológico que le va a dar soporte, junto con la especificación detallada de los componentes del sistema de información. A partir de dicha información, se generan todas las especificaciones de construcción relativas al propio sistema, así como la descripción técnica del plan de pruebas, la definición de los requisitos de implantación y el diseño de los procedimientos de migración y carga inicial, estos últimos cuando proceda. Al igual que en el Análisis del Sistema de Información las actividades de desarrollos estructurados y orientados a objetos están integradas en una estructura común.

Las actividades de este proceso se agrupan en dos grandes bloques. Del primer bloque de actividades, que se realizan en paralelo, se obtiene el diseño de detalle del sistema de información. La realización de estas actividades exige una continua realimentación, en general, el orden real de ejecución de las mismas depende de las particularidades del sistema de información y por lo tanto de generación de sus productos. Así en la actividad Definición de la Arquitectura del Sistema, se establece el particionamiento físico del sistema de información, así como su organización en subsistemas de diseño, la especificación del entorno tecnológico y sus requisitos de operación, administración, seguridad y control de acceso. Se completan los catálogos de requisitos y normas, en función de la definición del entorno tecnológico, con aquellos aspectos relativos al diseño y construcción que sea necesario contemplar. Asimismo, se crea un catálogo de excepciones del sistema, en el que se registran las situaciones de funcionamiento secundario o anómalo que se estime oportuno considerar y por lo tanto diseñar y probar. Este catálogo de excepciones se utiliza como referencia en la especificación técnica de las pruebas del sistema.

El particionamiento físico del sistema de información permite organizar un diseño que contemple un sistema de información distribuido, como, por ejemplo, la arquitectura cliente/servidor, siendo aplicable a arquitecturas multinivel en general. Independientemente de la infraestructura tecnológica, dicho particionamiento representa los distintos niveles funcionales o físicos del sistema de información. La relación entre los elementos del diseño y particionamiento físico, y a su vez, entre el particionamiento físico y el entorno tecnológico, permite una especificación de la distribución de los elementos del sistema de información y al mismo tiempo un diseño orientado a la movilidad a otras plataformas o la reubicación de subsistemas.

El sistema de información se estructura en subsistemas de diseño que a su vez se clasifican como de soporte o específicos al responder a propósitos diferentes. Los subsistemas de soporte contienen los elementos o servicios comunes al sistema y a la instalación y generalmente están originados por la interacción con la infraestructura técnica o la reutilización de otros sistemas con un nivel de complejidad técnica mayor. Los subsistemas específicos contienen los elementos propios del sistema de información, generalmente con una continuidad de los subsistemas definidos en el proceso de Análisis del Sistema de Información.

También se especifica en detalle el entorno tecnológico del sistema de información, junto con su planificación de capacidades (capacity planning), y sus requisitos de operación, administración, seguridad y control de acceso.

El diseño detallado del sistema de información, siguiendo un enfoque estructurado, comprende un conjunto de actividades que se llevan a cabo en paralelo a la Definición de la Arquitectura del Sistema. Dichas actividades son: Diseño de la Arquitectura de Soporte que incluye el diseño detallado de los subsistemas de soporte, el establecimiento de las normas y requisitos propios del diseño y construcción, así como la identificación y definición de los mecanismos genéricos de diseño y construcción. Diseño de la Arquitectura de Módulos del Sistema, donde se realiza el diseño de detalle de los subsistemas específicos del sistema de información y la revisión de la interfaz de usuario. Diseño Físico de Datos, que incluye el diseño y optimización de las estructuras de datos del sistema, así como su localización en los nodos de la arquitectura propuesta.

En el caso de Diseño Orientado a Objetos, conviene señalar que el diseño de la persistencia de los objetos se lleva a cabo sobre bases de datos relacionales y que el diseño detallado del sistema de información se realiza en paralelo con la actividad de Diseño de la Arquitectura de Soporte y se corresponde con las siguientes actividades: Diseño de Casos de Uso Reales, con el diseño detallado del comportamiento del sistema de información para los casos de uso, el diseño de la interfaz de usuario y la validación de la división en subsistemas. Diseño de Clases, con el diseño detallado de cada una de las clases que forman parte del sistema, sus atributos, operaciones, relaciones y métodos y la estructura jerárquica del mismo. En el caso de que sea necesario, se realiza la definición de un plan de migración y carga inicial de datos. Una vez que se tiene el modelo de clases, se comienza el diseño físico en la actividad Diseño Físico de Datos, común con el enfoque estructurado.

Con el objeto de analizar la consistencia entre los distintos modelos y conseguir la aceptación del diseño por Explotación y Sistemas una vez finalizado el diseño de detalle, se realiza su revisión y validación en la actividad Verificación y Aceptación de la Arquitectura del Sistema.

Un segundo bloque de actividades complementa el diseño del sistema de información. En él se generan todas las especificaciones necesarias para la construcción del sistema de información: Generación de Especificaciones de Construcción, donde se fijan las directrices para la construcción de los componentes del sistema, así como de las estructuras de datos. Diseño de la Migración y Carga Inicial de Datos, en el que se definen los procedimientos de migración y sus componentes asociados, con las especificaciones de construcción oportunas. Especificación Técnica del Plan de Pruebas, que incluye la definición y revisión del plan de pruebas y el diseño de las verificaciones de los niveles de prueba establecidos. El catálogo de excepciones permite, de una forma muy ágil, establecer un conjunto de verificaciones relacionadas con el propio diseño o con la arquitectura del sistema. Establecimiento de Requisitos de Implantación, que hace posible concretar las exigencias relacionados con la propia implantación del sistema, tales como formación de usuarios finales, infraestructura, etc.

Finalmente en la actividad de Presentación y Aprobación del Diseño del Sistema de Información se realiza una presentación formal y aprobación de los distintos productos del diseño.

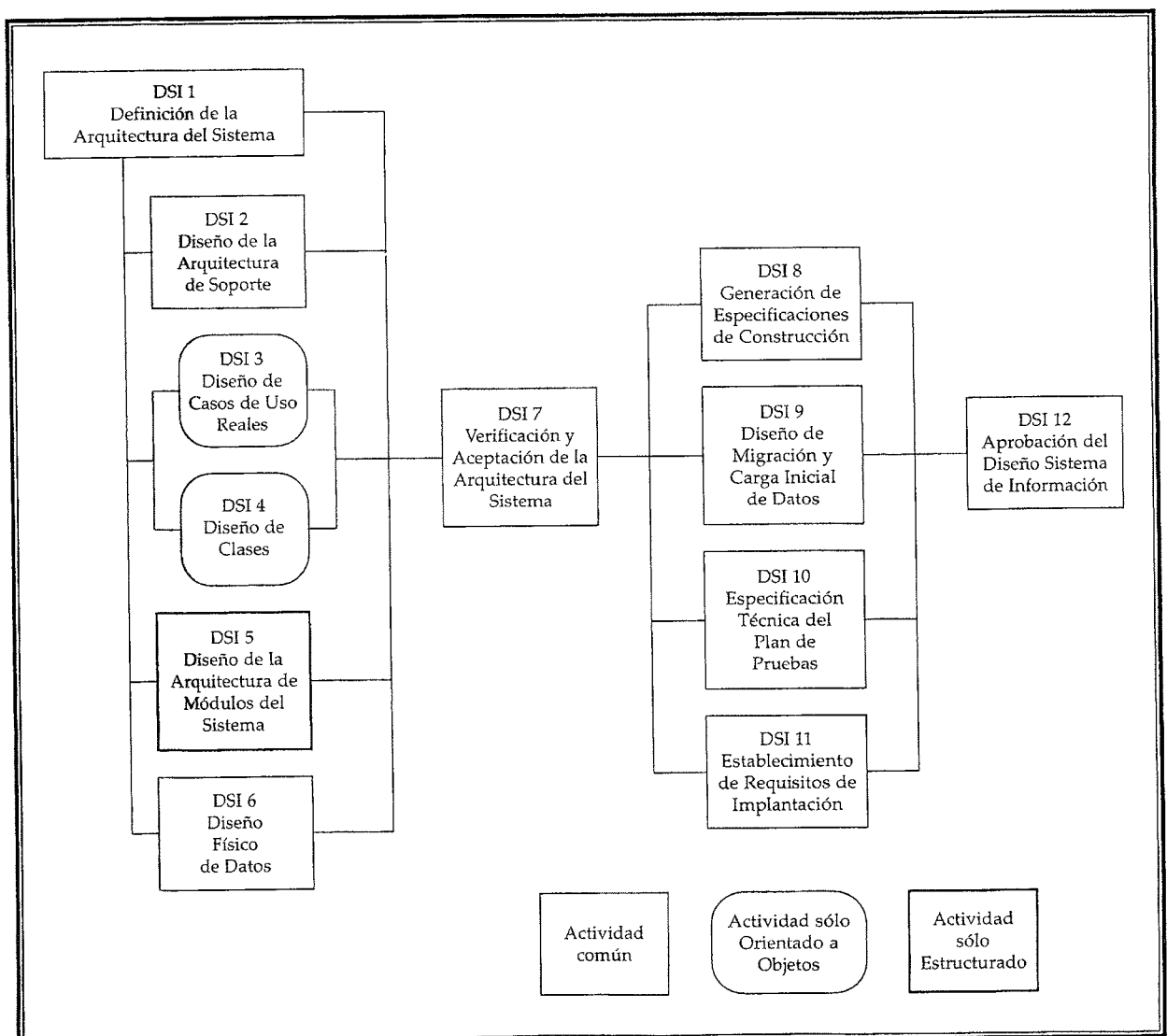
Las actividades que MÉTRICA 3 incluye en el proceso Diseño de Sistemas de Información (DSI) son las siguientes:

- DSI 1: Definición de la Arquitectura del Sistema.
- DSI 2: Diseño de la Arquitectura de Soporte.
- DSI 3: Diseño de Casos de Uso Reales. (Orientación a Objetos).
- DSI 4: Diseño de Clases. (Orientación a Objetos).



- DSI 5: Diseño de la Arquitectura de Módulos del Sistema. (Estructurado).
- DSI 6: Diseño Físico de Datos.
- DSI 7: Verificación y Aceptación de la Arquitectura del Sistema.
- DSI 8: Generación de Especificaciones de Construcción.
- DSI 9: Diseño de la Migración y Carga Inicial de Datos.
- DSI 10: Especificación Técnica del Plan de Pruebas.
- DSI 11: Establecimiento de Requisitos de Implantación.
- DSI 12: Aprobación del Diseño del Sistema de Información.

El siguiente gráfico muestra la relación de actividades del proceso DSI, tanto para Desarrollos Estructurados como para Desarrollos Orientados a Objetos.



## 10.5. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.

En este proceso se genera el código de los componentes del sistema de información, se desarrollan todos los procedimientos de operación y seguridad y se elaboran todos los manuales de usuario final y de explotación. Con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del Sistema para su posterior implantación se realizan las pruebas unitarias, las pruebas de integración de los subsistemas y componentes y las pruebas del sistema, de acuerdo al plan de pruebas establecido. Finalmente se define la formación de usuario final y si procede se construyen los procedimientos de migración y carga inicial de datos.

El producto Especificaciones de Construcción del Sistema de Información, obtenido en la actividad de Generación de Especificaciones de Construcción, es la base para la construcción del sistema. En dicho producto se recoge la información relativa al entorno de construcción del sistema de información, la especificación detallada de los componentes y la descripción de la estructura física de datos, tanto bases de datos como sistemas de ficheros. Opcionalmente incluye un plan de integración del sistema de información en el que se especifica la secuencia y organización de la construcción de los distintos componentes.

En la actividad Preparación del Entorno de Generación y Construcción, se asegura la disponibilidad de la infraestructura necesaria para la generación del código de los componentes y procedimientos del sistema de información. Una vez configurado el entorno de construcción, se realiza la codificación y las pruebas de los distintos componentes que conforman el sistema de información, en las actividades:

- Generación del Código de los Componentes y Procedimientos, que se hace según las especificaciones de construcción del sistema de información y conforme al plan de integración del sistema de información.
- Ejecución de las Pruebas Unitarias donde se realizan las verificaciones definidas en el plan de pruebas para cada uno de los componentes.
- Ejecución de las Pruebas de Integración, que incluye la ejecución de las verificaciones asociadas a los subsistemas y componentes, a partir de los componentes verificados individualmente y la evaluación de los resultados.

Una vez construido el sistema de información y realizadas las verificaciones correspondientes, se realiza la integración final del sistema de información en la actividad Ejecución de las Pruebas del Sistema, comprobando tanto las interfaces entre subsistemas y sistemas externos como los requisitos, de acuerdo a las verificaciones establecidas en el plan de pruebas para el nivel de pruebas del sistema.

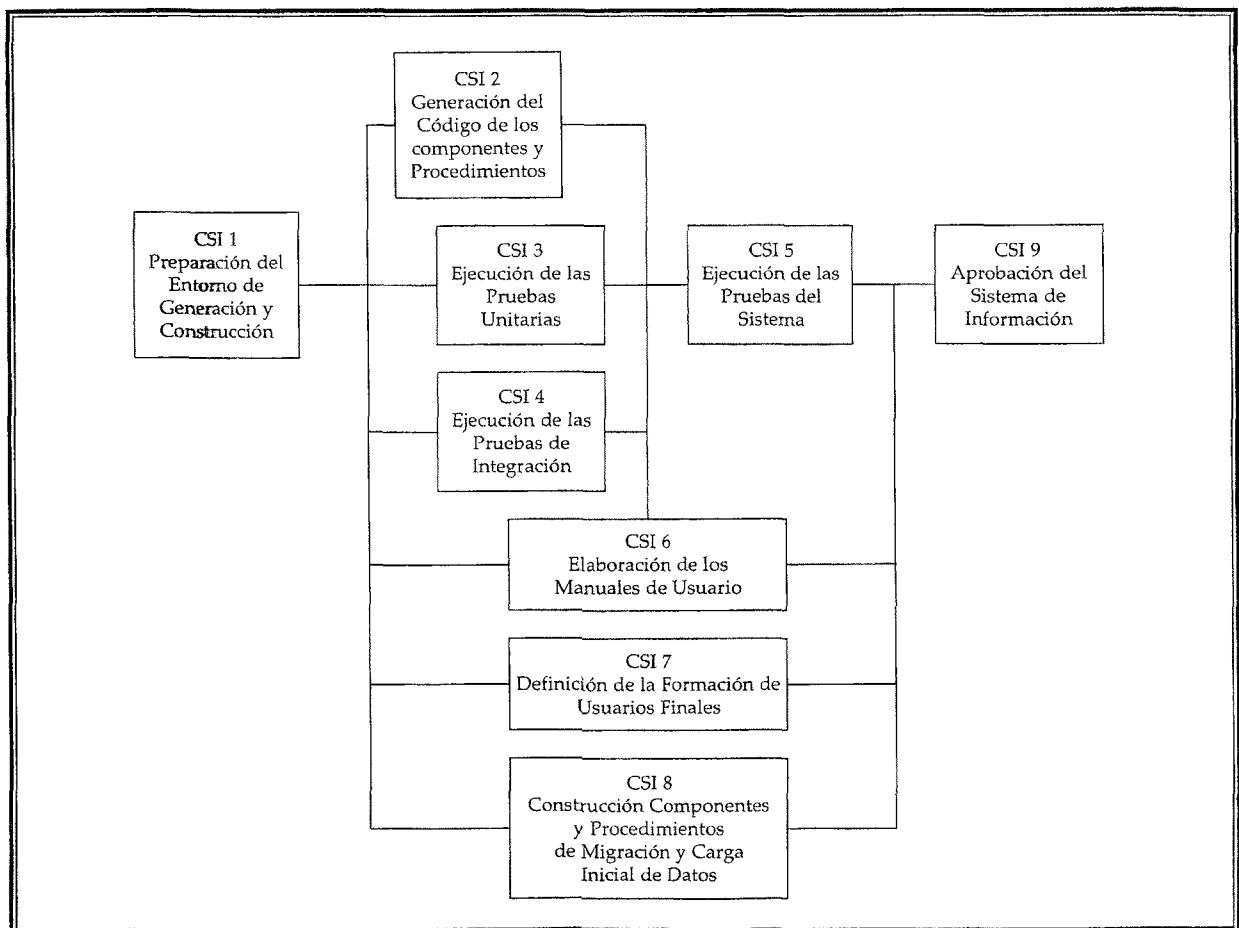
En la actividad Elaboración de los Manuales de Usuario, se genera la documentación de usuario final o explotación conforme a los requisitos definidos en el proceso Diseño del Sistema de Información. La formación necesaria para que los usuarios finales sean capaces de utilizar el sistema de forma satisfactoria se especifica en la actividad Definición de la Formación de Usuarios Finales.

Si se ha establecido la necesidad de realizar una migración de datos, la construcción y pruebas de los componentes y procedimientos relativos a dicha migración y a la carga inicial de datos se realiza en la actividad Construcción de los Componentes y Procedimientos de Migración y Carga Inicial de Datos.

Las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Construcción de Sistemas de Información (CSI) son las siguientes:

- CSI 1: Preparación del Entorno de Generación y Construcción.
- CSI 2: Generación del Código de los componentes y Procedimientos.
- CSI 3: Ejecución de las Pruebas Unitarias.
- CSI 4: Ejecución de las Pruebas de Integración.
- CSI 5: Ejecución de las Pruebas del Sistema.
- CSI 6: Elaboración de los Manuales de Usuario.
- CSI 7: Definición de la Formación de Usuarios Finales.
- CSI 8: Construcción de Componentes y Procedimientos de Migración y Carga Inicial de Datos.
- CSI 9: Aprobación del Sistema de Información.

El siguiente gráfico muestra la relación de actividades del proceso Construcción de Sistemas de Información.



## 10.6. IMPLANTACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN (IAS).

Este proceso tiene como objetivo principal la entrega y aceptación del sistema en su totalidad y la realización de todas las actividades necesarias para el paso a producción del mismo, para lo cual en primer lugar se revisa la estrategia de implantación que ya se determinó en el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS). Se estudia su alcance y en función de sus características se define un plan de implantación y se especifica el equipo que lo va a realizar y la formación necesaria para la implantación. Conviene señalar la participación del usuario de operación en las pruebas de implantación, del usuario final en las pruebas de aceptación y del responsable de mantenimiento.

Las actividades previas al inicio de la producción incluyen la preparación de la infraestructura necesaria para incorporar el sistema al entorno de operación, la instalación de los componentes, la activación de los procedimientos manuales y automáticos asociados y cuando proceda la migración o carga inicial de datos. Para ello se toman como punto de partida los productos software probados obtenidos en el proceso anterior: Construcción del Sistema de Información y su documentación asociada.

Se realizan las pruebas de implantación y de aceptación del sistema en su totalidad. Las pruebas de implantación cubren un rango muy amplio, que va desde la comprobación de cualquier detalle de diseño interno hasta aspectos tales como las comunicaciones. Se debe comprobar que el sistema puede gestionar los volúmenes de información requeridos, se ajusta a los tiempos de respuesta deseados y que los procedimientos de respaldo, seguridad e interfaces con otros sistemas funcionan correctamente. Se debe verificar también el comportamiento del sistema bajo las condiciones más extremas. Las pruebas de aceptación se realizan por y para los usuarios y tienen como objetivo validar formalmente que el sistema se ajusta a sus necesidades antes de proceder a la presentación y aprobación del sistema.

También se realizan las tareas necesarias para la preparación del mantenimiento siempre y cuando se haya decidido que éste va a efectuarse. En cualquier caso, es necesario que la persona que vaya a asumir el mantenimiento conozca el sistema antes de su incorporación al entorno de producción.

Además hay que determinar los servicios y niveles de servicio que requiere el sistema que se va a implantar y el acuerdo que se adquiere una vez que se inicie la producción. Hay que distinguir entre servicios de gestión de operaciones (servicios por lotes, seguridad, comunicaciones, etc.) y servicios al cliente (servicio de atención a usuario, mantenimiento, etc.) que se deben negociar en cuanto a recursos, horarios, coste, etc. Se fija el nivel con el que se prestará el servicio como indicador de la calidad del mismo.

Conviene señalar que la implantación puede ser un proceso iterativo que se realiza de acuerdo al plan establecido para el comienzo de la producción del sistema en su entorno de operación. Para establecer este plan se tienen en cuenta tanto el cumplimiento de los requisitos de implantación definidos en la actividad Establecimiento de Requisitos (ASI 2) y especificados en la actividad Establecimiento de Requisitos de Implantación (DSI 11), como la estrategia de transición del sistema antiguo al nuevo.

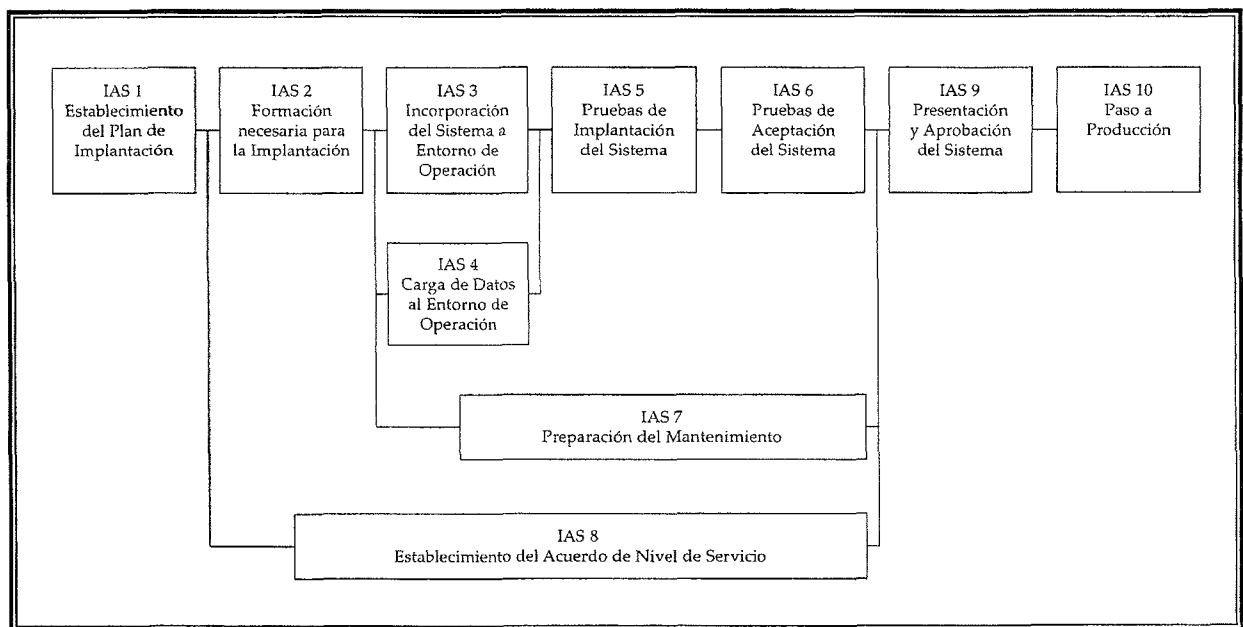
Finalmente, se realizan las acciones necesarias para el paso a producción del sistema.

Las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Implantación y Aceptación de Sistemas de Información (IAS) son las siguientes:

- IAS 1: Establecimiento del Plan de Implantación.

- IAS 2: Formación necesaria para la Implantación.
- IAS 3: Incorporación del Sistema al Entorno de Operación.
- IAS 4: Carga de Datos al Entorno de Operación.
- IAS 5: Pruebas de Implantación del Sistema.
- IAS 6: Pruebas de Aceptación del Sistema.
- IAS 7: Preparación del Mantenimiento.
- IAS 8: Establecimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio.
- IAS 9: Presentación y Aprobación del Sistema.
- IAS 10: Paso a Producción.

En el siguiente gráfico se muestra la relación de actividades de este proceso.



## 10.7. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN (MSI).

El objetivo de este proceso es la obtención de una nueva versión de un sistema de información desarrollado con MÉTRICA versión 3 o versión 2, a partir de las peticiones de mantenimiento que los usuarios realizan con motivo de un problema detectado en el sistema, o por la necesidad de una mejora del mismo.

En este proceso se realiza el registro de las peticiones de mantenimiento recibidas, con el fin de llevar el control de las mismas y de proporcionar, si fuera necesario, datos estadísticos de peticiones

recibidas o atendidas en un determinado período, sistemas que se han visto afectados por los cambios, en qué medida y el tiempo empleado en la resolución de dichos cambios. Es recomendable, por lo tanto, llevar un catálogo de peticiones de mantenimiento sobre los sistemas de información, en el que se registren una serie de datos que nos permitan disponer de la información antes mencionada.

En el momento en el que se registra la petición, se procede a diagnosticar de qué tipo de mantenimiento se trata. Atendiendo a los fines, podemos establecer los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Correctivo:** son aquellos cambios precisos para corregir errores del producto software.
- **Evolutivo:** son las incorporaciones, modificaciones y eliminaciones necesarias en un producto software para cubrir la expansión o cambio en las necesidades del usuario.
- **Adaptativo:** son las modificaciones que afectan a los entornos en los que el sistema opera, por ejemplo, cambios de configuración del hardware, software de base, gestores de base de datos, comunicaciones, etc.
- **Perfectivo:** son las acciones realizadas para mejorar la calidad interna de los sistemas en cualquiera de sus aspectos: reestructuración del código, definición más clara del sistema y optimización del rendimiento y eficiencia.

Estos dos últimos tipos quedan fuera del ámbito de MÉTRICA versión 3 ya que requieren actividades y perfiles distintos de los del proceso de desarrollo.

Una vez registrada la petición e identificado el tipo de mantenimiento y su origen, se determina de quién es la responsabilidad de atender la petición. En el supuesto de que la petición sea remitida, se registra en el catálogo de peticiones de mantenimiento y continúa el proceso. La petición puede ser denegada. En este caso, se notifica al usuario y acaba el proceso.

Posteriormente se analiza la petición. Según se trate de un mantenimiento correctivo o evolutivo, se verifica y reproduce el problema, o se estudia la viabilidad del cambio propuesto por el usuario. En ambos casos se estudia el alcance de la modificación. Hay que analizar las alternativas de solución identificando, según el tipo de mantenimiento de que se trate, cuál es la más adecuada. El plazo y urgencia de la solución a la petición se establece de acuerdo con el estudio anterior.

La preparación de la implementación de la solución incluye el estudio del impacto de la solución propuesta para la petición en los sistemas de información afectados. Mediante el análisis de dicho estudio, la persona encargada del Proceso de Mantenimiento valora el esfuerzo y coste necesario para la implementación de la modificación.

Las tareas de los procesos de desarrollo que va a ser necesario realizar son determinadas en función de los componentes del sistema actual afectados por la modificación. Estas tareas pertenecen a actividades de los procesos Análisis, Diseño, Construcción e Implantación.

Por último y antes de la aceptación del usuario es preciso establecer un plan de pruebas de regresión que asegure la integridad del sistema de información afectado, asegurando el seguimiento y evaluación de los cambios hasta la aceptación.

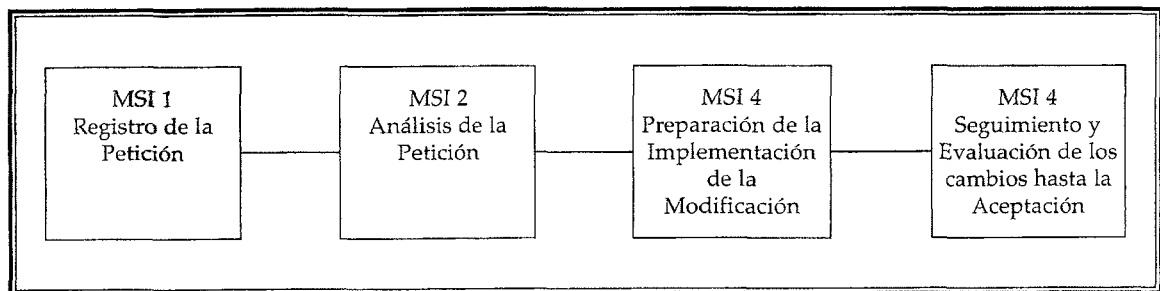
La mejor forma de mantener el coste de mantenimiento bajo control es una gestión del Proceso de Mantenimiento efectiva y comprometida, por lo tanto es necesario registrar de forma disciplinada

los cambios realizados en los sistemas de información y en su documentación. Esto repercutirá directamente en la mayor calidad de los sistemas resultantes.

Las actividades que la metodología MÉTRICA versión 3 incluye en el proceso Mantenimiento de Sistemas de Información (MSI) son las siguientes:

- MSI 1: Registro de la Petición.
- MSI 2: Análisis de la Petición.
- MSI 3: Preparación de la Implementación de la Modificación.
- MSI 4: Seguimiento y Evaluación de los cambios hasta la Aceptación.

La estructura del Proceso de Mantenimiento de MÉTRICA versión 3 se muestra en la siguiente figura:



## 11. INTERFACES.

En su afán de ser una metodología completa de desarrollo de sistemas, la versión 3 de MÉTRICA, además de las actividades propias del desarrollo, incluidas en los denominados «Procesos Principales», también considera y facilita la realización de actividades de tipo organizativo como apoyo al propio proceso de desarrollo. Estas actividades se han denominado INTERFACES y son cuatro:

- Gestión de Proyectos.
- Gestión de Configuración.
- Aseguramiento de Calidad.
- Seguridad.

A continuación se estudia cada una de ellas.

### 11.1. GESTIÓN DE PROYECTOS.

La Gestión de Proyectos tiene como finalidad principal la planificación, el seguimiento y control de las actividades y de los recursos humanos y materiales que intervienen en el desarrollo de un siste-

ma de información. Como consecuencia de este control es posible conocer en todo momento qué problemas se producen y resolverlos o paliarlos lo más pronto posible para evitar desviaciones temporales o económicas.

La Interfaz de Gestión de Proyectos de MÉTRICA versión 3 contempla proyectos de desarrollo de Sistemas de Información en sentido amplio. Es decir, acorde con EUROMÉTODO se consideran proyectos de desarrollo de nuevos Sistemas de Información y también los proyectos de ampliación y mejora de los ya existentes; estos últimos, contemplados en MÉTRICA versión 3 al proceso de Mantenimiento del Sistema de Información (MSI).

Las actividades de la Interfaz de Gestión de Proyectos cubren todo el desarrollo del mismo, desde su inicio a su finalización, y en este sentido se distinguen tres grupos de actividades:

- Actividades de Inicio del Proyecto (GPI). Al principio del proyecto, al concluir el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema, se realizarán las actividades de Estimación de Esfuerzo y Planificación del proyecto.
- Actividades de Seguimiento y Control (GPS). Comprenden desde la asignación de las tareas hasta su aceptación interna por parte del equipo de proyecto, incluyendo la gestión de incidencias y cambios en los requisitos que puedan presentarse y afectar a la planificación del proyecto.

El Seguimiento y Control del proyecto se realizan durante los procesos de Análisis, Diseño, Construcción, Implantación y Aceptación, y Mantenimiento del Sistema de Información, para vigilar el correcto desarrollo de las actividades y tareas establecidas en la planificación.

- Actividades de Finalización del Proyecto. Por último, al concluir el proyecto se realizan las tareas propias de Cierre del Proyecto y Registro de la Documentación de Gestión.

Las técnicas y prácticas utilizadas en la Gestión de Proyectos se describen en la Guía de Técnicas de MÉTRICA versión 3. En función de las características del proyecto puede ser aconsejable emplear herramientas software de soporte a las técnicas, disponibles en el mercado.

## 11.2. GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN.

En el desarrollo de software los cambios, debidos principalmente a modificaciones de requisitos y fallos, son inevitables. Normalmente se trabaja en equipo por lo que es preciso llevar un control y registro de los cambios con el fin de reducir errores, aumentar la calidad y la productividad y evitar los problemas que puede acarrear una incorrecta sincronización en dichos cambios, al afectar a otros elementos del sistema o a las tareas realizadas por otros miembros del equipo de proyecto.

El objetivo de la gestión de la configuración es mantener la integridad de los productos que se obtienen a lo largo del desarrollo de los sistemas de información, garantizando que no se realizan cambios incontrolados y que todos los participantes en el desarrollo del sistema disponen de la versión adecuada de los productos que manejan. Así, entre los elementos de configuración software, se encuentran no únicamente ejecutables y código fuente, sino también los modelos de datos, modelos de procesos, especificaciones de requisitos, pruebas, etc.

La gestión de configuración se realiza durante todas las actividades asociadas al desarrollo del sistema, y continúa registrando los cambios hasta que éste deja de utilizarse.



La gestión de configuración facilita el mantenimiento del sistema, aportando información precisa para valorar el impacto de los cambios solicitados y reduciendo el tiempo de implementación de un cambio, tanto evolutivo como correctivo. Asimismo, permite controlar el sistema como producto global a lo largo de su desarrollo, obtener informes sobre el estado de desarrollo en que se encuentra y reducir el número de errores de adaptación del sistema, lo que se traduce en un aumento de calidad del producto, de la satisfacción del cliente y, en consecuencia, de mejora de la organización.

La interfaz de gestión de configuración de MÉTRICA versión 3 permite definir las necesidades de gestión de configuración para cada sistema de información, recogiendo en un plan de gestión de configuración, en el que se especifican las actividades de identificación y registro de productos en el sistema de gestión de configuración durante el desarrollo y posterior mantenimiento del sistema de información.

Si en la organización ya existe un sistema de gestión de configuración estándar, para el sistema de información en concreto deberán analizarse las necesidades de configuración específicas respecto a dicho sistema estándar y determinar las diferencias, si las hubiera, así como aquellas necesidades concretas que no se encuentren recogidas, estableciendo así el plan de gestión de configuración del sistema de información.

Los productos registrados en el sistema de gestión de la configuración se encuentran identificados y localizados unívocamente, de manera que la información relativa a los productos es de fácil acceso.

La información que puede solicitarse al sistema de gestión de la configuración es variada, por ejemplo: información relacionada con Análisis, Diseño, Construcción, Implantación y Aceptación del Sistema de Información, como productos globales que integran todos los productos que lo componen o también información de un producto en concreto, su versión, estado, traza de su evolución y cualquier dato que el plan de gestión de la configuración determine de interés (por ejemplo, participantes en la elaboración o modificación del producto).

### 11.3. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

El objetivo de la interfaz de Aseguramiento de la Calidad de MÉTRICA versión 3 es proporcionar un marco común de referencia para la definición y puesta en marcha de planes específicos de aseguramiento de calidad aplicables a proyectos concretos. Si en la organización ya existe un sistema de calidad, dichos planes deberán ser coherentes con el mismo, completándolo en los aspectos no contemplados relativos a normas particulares del cliente, usuario o sistema concreto.

La calidad se define como «grado en que un conjunto de características inherentes cumple con unos requisitos» [ISO 9000:2000]. El Aseguramiento de la Calidad pretende dar confianza en que el producto reúne las características necesarias para satisfacer todos los requisitos del sistema de información, por haberse desarrollado de acuerdo a las normas y directrices de la organización.

Por tanto, para asegurar la calidad de los productos resultantes el equipo de calidad deberá realizar un conjunto de actividades que servirán para reducir, eliminar y lo más importante, prevenir las deficiencias de calidad de los productos a obtener, así como para alcanzar una razonable confianza en que las prestaciones y servicios esperados por el cliente o el usuario queden satisfechas.

Para conseguir estos objetivos, es necesario desarrollar un plan de aseguramiento de calidad específico que se aplicará durante la planificación del proyecto de acuerdo a la estrategia de desarrollo

adoptada en la gestión del proyecto. En el plan de aseguramiento de calidad se reflejan las actividades de calidad a realizar (normales o extraordinarias), los estándares a aplicar, los productos a revisar, los procedimientos a seguir en la obtención de los distintos productos durante el desarrollo en MÉTRICA v.3 y la normativa para informar de los defectos detectados a sus responsables y realizar el seguimiento de los mismos hasta su corrección.

El grupo de aseguramiento de calidad participa en la revisión de los productos seleccionados para determinar si son conformes o no a los procedimientos, normas o criterios especificados, siendo totalmente independiente del equipo de desarrollo. Las actividades a realizar por el grupo de aseguramiento de calidad vienen gobernadas por el plan. Sus funciones están dirigidas a identificar las posibles desviaciones en los estándares aplicados, así como en los requisitos y procedimientos especificados y a comprobar que se han llevado a cabo las medidas preventivas o correctoras necesarias.

Las revisiones son una de las actividades más importantes del aseguramiento de la calidad, debido a que permiten eliminar defectos lo más pronto posible, cuando son menos costosos de corregir. Además existen procedimientos extraordinarios, como las auditorías, aplicables en desarrollos singulares y en el transcurso de las cuales se revisarán tanto las actividades de desarrollo como las propias de aseguramiento de calidad. La detección anticipada de errores evita el que se propaguen a los restantes procesos de desarrollo, reduciendo substancialmente el esfuerzo invertido en los mismos. En este sentido es importante destacar que el establecimiento del plan de aseguramiento de calidad comienza en el Estudio de Viabilidad del Sistema y se aplica a lo largo de todo el desarrollo, en los procesos de Análisis, Diseño, Construcción, Implantación y Aceptación del Sistema y en su posterior Mantenimiento.

#### 11.4. SEGURIDAD.

El análisis de los riesgos constituye una pieza fundamental en el diseño y desarrollo de sistemas de información seguros. Si bien los riesgos que afectan a un sistema de información son de distinta índole: naturales (inundaciones, incendios, etc.) o lógicos (fallos propios, ataques externos, virus, etc.) son estos últimos los contemplados en la interfaz de Seguridad de MÉTRICA versión 3, sin perder de vista además que, al ser finitos los recursos, no pueden asegurarse todos los aspectos del desarrollo de los sistemas de información, por lo que habrá que aceptar un determinado nivel de riesgo concentrándose en los aspectos más comprometidos o amenazados, que serán diferentes según las circunstancias.

El objetivo de la interfaz de seguridad de MÉTRICA versión 3 es incorporar a los sistemas de información mecanismos de seguridad adicionales a los que se proponen en los procesos principales. Recordemos que la seguridad es tratada como requisito funcional en el proceso de Análisis del Sistema de Información, es decir, previamente al desarrollo del sistema.

El interfaz de seguridad refuerza tanto la seguridad del sistema de información como la del propio proceso de desarrollo asegurando su consistencia.

Si en la organización ya existe un plan de seguridad o una metodología de análisis y gestión de riesgos como por ejemplo MAGERIT, para cada sistema de información deberán analizarse las necesidades de seguridad del sistema respecto al método vigente, y determinar las diferencias si las hubiera, así como aquellas necesidades concretas que no se encuentren recogidas, estableciendo así el plan de seguridad del sistema de información. Si no existe un plan de seguridad en la organización habrá que desarrollarlo y deberá recoger medidas de seguridad activas o preventivas y reactivas como respuesta a fallos o ataques.

Las valoraciones sobre la seguridad deben ser realizadas en función de las características del sistema: complejidad, tamaño, incertidumbre, participantes, etc., por los responsables de la seguridad del sistema de información, quienes se apoyarán para sus decisiones en su conocimiento y experiencia en la materia.

## 12. TÉCNICAS.

Las técnicas de desarrollo de software son un conjunto de procedimientos que se basan en reglas y notaciones específicas en términos de sintaxis, semántica y gráficos, orientadas a la obtención de productos en el desarrollo de un sistema de información. En desarrollo del tipo estructurado o de orientación a objetos merecen especial atención las técnicas gráficas, que proponen símbolos y notaciones estándares para una mejor comprensión de los sistemas o sus componentes.

Para la realización de las actividades de los procesos principales de MÉTRICA 3 se recomienda la utilización de una serie de técnicas que se enumeran al final de este epígrafe, y que incluyen tanto las técnicas propias de desarrollos orientados a objetos como estructurados.

La metodología MÉTRICA 3 hace una distinción entre técnicas y prácticas en función del propósito al que respondan.

- Se considera técnica al conjunto de heurísticas y procedimientos que se apoyan en estándares, es decir, que utilizan una o varias notaciones específicas en términos de sintaxis y semántica y cumplen unos criterios de calidad en cuanto a la forma de obtención del producto asociado.
- Las prácticas representan un medio para la consecución de unos objetivos específicos de manera rápida, segura y precisa, sin necesidad de cumplir unos criterios o reglas preestablecidas.

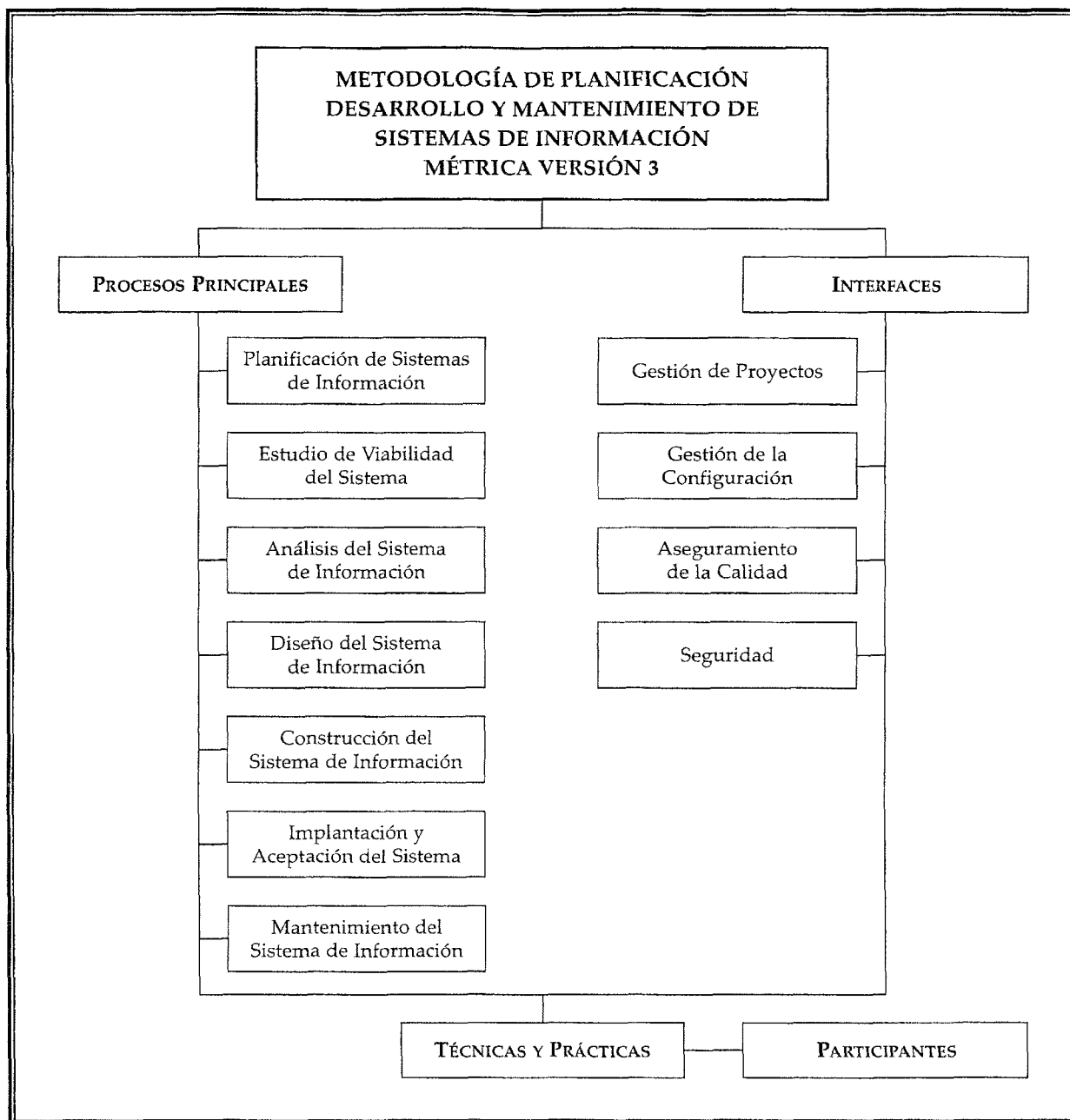
Así mismo se enumeran las técnicas de estimación y planificación utilizadas en la interfaz de Gestión de Proyectos.

Con el fin de mejorar la productividad de los distintos participantes y asegurar la calidad de los productos resultantes, la mayoría de las técnicas propuestas están soportadas por herramientas disponibles en el mercado que automatizan en mayor o menor grado su utilización.

Por continuidad con MÉTRICA versión 2.1 la notación empleada es la misma para aquellas técnicas que son comunes en ambas versiones. En el caso de desarrollos orientados a objetos se ha seguido la notación de UML. Es importante resaltar que la notación que se propone en la aplicación de la técnica en ningún caso se considerará obligatoria. Cada organización podrá utilizar la notación que desee, la que suele utilizar o la que ofrecen sus herramientas de desarrollo, eso sí respetando las reglas y restricciones específicas de las distintas técnicas.

Las técnicas y prácticas que recomienda la metodología MÉTRICA versión 3 se enumeran a continuación.

TÉCNICAS	PRÁCTICAS
<p><b>1. TÉCNICAS DE DESARROLLO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis coste/beneficio</li> <li>• Casos de uso</li> <li>• Diagrama de clases</li> <li>• Diagrama de componentes</li> <li>• Diagrama de descomposición</li> <li>• Diagrama de despliegue</li> <li>• Diagrama de estructura</li> <li>• Diagrama de flujo de datos</li> <li>• Diagrama de interacción <ul style="list-style-type: none"> <li>– Diagrama de secuencia</li> <li>– Diagrama de colaboración</li> </ul> </li> <li>• Diagrama de paquetes</li> <li>• Diagrama de transición de estados</li> <li>• Modelado de procesos de la organización</li> <li>• SADT (Structured Analysis and Design Technique)</li> <li>• Modelo entidad/relación extendido</li> <li>• Normalización</li> <li>• Optimización</li> <li>• Reglas de obtención del modelo físico a partir del lógico</li> <li>• Reglas de transformación</li> <li>• Técnicas matriciales</li> </ul> <p><b>2. TÉCNICAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS:</b></p> <p><b>2.1. TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método Albrecht para el Análisis de los Puntos Función</li> <li>• Método MARKII para el Análisis de los Puntos Función</li> <li>• Staffing Size</li> </ul> <p><b>2.2. TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Program Evaluation &amp; Review Technique – PERT</li> <li>• Diagrama de Gantt</li> <li>• Estructura de Descomposición de Trabajo (WBS-Work Breakdown Structure)</li> <li>• Diagrama de Extrapolación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de impacto</li> <li>• Catalogación</li> <li>• Cálculo de accesos</li> <li>• Caminos de acceso</li> <li>• Diagrama de representación</li> <li>• Factores críticos de éxito</li> <li>• Impacto en la organización</li> <li>• Presentaciones</li> <li>• Prototipado</li> <li>• Pruebas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pruebas Unitarias</li> <li>– Pruebas de Integración</li> <li>– Pruebas del Sistema</li> <li>– Pruebas de Implantación</li> <li>– Pruebas de Aceptación</li> <li>– Pruebas de Regresión</li> </ul> </li> <li>• Revisión formal</li> <li>• Revisión técnica</li> <li>• Sesiones de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entrevistas</li> <li>– Reuniones</li> <li>– JAD (Joint Application Design)</li> <li>– JRP (Joint Requirements Planning)</li> </ul> </li> </ul>



## BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería del Software. Un enfoque práctico. ROGER S. PRESSMAN. Ed. McGraw Hill.
- Programación y Control de Proyectos. C. ROMERO. Ed. Pirámide.
- La técnica PERT en la programación y control de proyectos. ALBERTO BARCIELA. Ed. Documentación Administrativa.
- Aplicaciones prácticas del PERT y CPM. YU CHUEN y TAO L. Ed. Deusto.

- Metodología de Planificación y Desarrollo de Sistemas de Información. Métrica versión 2.1. Guía de Técnicas. MINISTERIO PARA LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS. Ed. Tecnos.
- Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de Sistemas de Información. Métrica versión 3. MINISTERIO PARA LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.
- Temario de las pruebas selectivas para ingreso en el Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información de la Administración del Estado. ASTIC.
- Temario del Máster en Ingeniería del Software. FACULTAD DE INFORMÁTICA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Ed. Centro de Estudios Financieros.

