



**Licenciatura en Sistemas de Información.**

**Administración de Proyectos**  
**Gestión de Alcance, Riesgos, Tiempos y Calidad**

**Autor:** Fabio A. Manso

**Director:** Javier Blanqué

Universidad Nacional de Luján  
Int. Ruta 5 y 7  
6700 Luján, Buenos Aires  
República Argentina  
Año 2006

# Administración de Proyectos

## Gestión de Alcance, Riesgos, Tiempos y Calidad

Fabio A. Manso  
Universidad Nacional de Luján  
Int. Ruta 5 y 7  
6700 Luján, Buenos Aires  
República Argentina  
Año 2006  
[fabio.manso@gmail.com](mailto:fabio.manso@gmail.com)

### **Resumen**

El presente trabajo explora cuatro importantes áreas de conocimiento de la Gestión de Proyectos Tradicional. Estas áreas son la Gestión del Alcance, la Gestión de los Riesgos, la Gestión del Tiempo y la Gestión de la Calidad. Permitiendo identificar y conocer las herramientas y procesos necesarios a tener en cuenta para poder gestionar de forma eficiente cada una de las mismas durante el desarrollo del Proyecto.

### **Palabras claves:**

Alcance, EDT, Requerimientos, Control del Cambio, Riesgo, Análisis Cualitativo, Análisis Cuantitativo, Actividades, Relaciones, Cronograma, PERT, CPM, Calidad, Aseguramiento, Control.

## **Agradecimientos**

A mi Director de Tesis, Profesor Javier Blanqué por brindarme su tiempo, sus conocimientos y su dedicación en este Proyecto. A mi familia por acompañarme y apoyarme desde la distancia. A mis amigos y compañeros de estudio Abel y Mariano por compartir conmigo su tiempo y sus conocimientos durante todos estos años de Universidad. Y a Cecilia, mi novia, mi amiga y compañera de vida, por estar conmigo desde el principio, por entender mi falta de tiempo y por brindarme siempre su apoyo incondicional.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
Objetivos del Trabajo.....	7
<b>1 Historia y Evolución de la Administración De Proyectos</b> .....	<b>10</b>
1.1 El Inicio de la Especialización .....	10
1.2 El Aporte de Frederick Taylor y Henry Gantt.....	11
1.3 PERT y CPM .....	12
1.4 De la Administración de Proyectos Informal a la Formal.....	14
1.5 Diagrama de GANTT, PERT y CPM - Ejemplo .....	19
<b>2 Gestión del Alcance del Proyecto</b> .....	<b>22</b>
2.1 Introducción .....	22
2.2 Creación del Acta de Proyecto .....	23
2.2.1 Objetivos del "Acta de Proyecto" .....	23
2.2.2 Componentes del "Acta de Proyecto" .....	23
2.3 Creación del Enunciado del Alcance del Proyecto .....	25
2.3.1 Componentes del Enunciado del Alcance del Proyecto .....	25
2.3.2 Componentes del Enunciado de la Visión del Proyecto.....	28
2.4 Gestión del Alcance del Proyecto .....	30
2.4.1 Consideraciones de la Gestión de Alcance.....	30
2.4.1.1 Factores Organizacionales .....	30
2.4.1.2 Necesidades y Requerimientos.....	31
2.4.1.3 Planificación y Control Deficientes .....	32
2.4.2 Definición del Alcance .....	33
2.4.2.1 Necesidades y Requerimientos.....	33
2.4.2.1.1 Ciclo de Vida de las Necesidades.....	34
2.4.2.1.2 Consideraciones en la Administración de Necesidades .....	35
2.4.2.1.3 Administración de Requerimientos .....	36
2.4.2.1.4 Consideraciones en la Administración de Requerimientos .....	38
2.4.3 EDT - Estructura de Desglose del Trabajo.....	40
2.4.2.1 Características de la EDT .....	43
2.4.2.2 Uso que se le da a la EDT.....	44
2.4.2.3 Diccionario de la EDT.....	44
2.4.4 Guiones e Historias de Usuario y Modelo CRC (Proyectos Extremos) .....	46
2.4.4.1 Guiones e Historias de Usuario .....	46
2.4.4.2 Modelo CRC – Clase, Responsabilidad, Colaborador .....	46
2.4.5 Verificación del Alcance.....	48
2.4.6 Control del Cambio de Alcance .....	50
2.4.6.1 Proceso de Administración de Cambios .....	51
2.4.6.2 Consideraciones del Control del Cambio de Alcance .....	51
<b>3 Gestión del Riesgo del Proyecto</b> .....	<b>54</b>
3.1 Introducción .....	54
3.2 Riesgo del Proyecto .....	55
3.2.1 Tipos, Categorías y Fuentes de Riesgo .....	57
3.3 Planificar y Administrar los Riesgos del Proyecto.....	60
3.3.1 Identificación de Riesgos .....	63
3.3.1.1 Técnicas de Identificación de Riesgos .....	66
3.3.1.1.1 Tormenta de Ideas "Brainstorming" .....	66
3.3.1.1.2 Entrevista con Expertos .....	68
3.3.1.1.3 Método Delphi .....	69
3.3.1.1.4 Análisis FODA.....	71
3.3.1.1.5 Listas de Comprobación "Checklists" .....	73

3.3.1.1.6 Diagramas de Causa/Efecto "Ishikawa" .....	74
3.3.2 Análisis Cualitativo del Riesgo .....	76
3.3.3 Análisis Cuantitativo del Riesgo .....	80
3.3.3.1 Impacto y Exposición al Riesgo .....	80
3.3.3.2 Valor Esperado (VE) .....	82
3.3.3.3 Árbol de Decisión .....	83
3.3.4 Respuesta al Riesgo.....	85
3.3.4.1 Evitar el Riesgo.....	86
3.3.4.2 Transferir el Riesgo .....	86
3.3.4.3 Mitigar el Riesgo .....	87
3.3.4.4 Aceptar el Riesgo .....	88
3.3.5 Monitoreo y Control del Riesgo.....	90
<b>4 Gestión de Tiempos del Proyecto .....</b>	<b>92</b>
4.1 Introducción .....	92
4.2 Identificación de las Actividades .....	93
4.3 Secuenciamiento de las Actividades .....	95
4.3.1 Interrelaciones o Dependencias.....	95
4.3.2 Restricciones y Relaciones .....	96
4.3.3 Calculo de Inicio/Final Temprano, Inicio/Final Tardío.....	98
4.3.4 Diagramas de Red .....	100
4.3.4.1 Diagrama de Precedencia "PDM" .....	101
4.3.4.2 Tabla de Precedencia y Red de Precedencia - Ejemplo .....	102
4.4 Estimación de la Duración de las Actividades.....	104
4.4.1 Estimación Paramétrica o por Analogía.....	105
4.4.2 Estimación mediante la "Técnica de los Tres Puntos".....	106
4.4.3 Factores a Considerar al Realizar Estimaciones.....	107
4.5 Desarrollo del Cronograma .....	110
4.5.1 Diagrama de Gantt.....	110
4.5.1.1 Características del Diagrama de Gantt .....	111
4.5.1.2 Hitos del Cronograma .....	112
4.5.1.3 Influencia de los Recursos en el Diagrama de Gantt .....	113
4.5.1.4 Flotaciones y Reservas en el Diagrama de Gantt .....	113
4.5.2 Análisis PERT .....	116
4.5.2.1 Ejemplo de RED / PERT.....	116
4.5.2.2 Estimaciones en el Análisis PERT .....	117
4.5.2.3 Características del Análisis PERT .....	119
4.5.3 Análisis del Camino Crítico.....	122
4.5.3.1 Camino Crítico y Actividades Críticas .....	122
4.5.3.2 Método de Camino Crítico "CPM" .....	123
4.5.3.3 Características del Análisis del Camino Crítico.....	124
4.5.3.4 Cálculo de Camino Crítico "CPM" y Flotaciones - Ejemplo .....	126
4.5.4 Compresión Intensiva "Crashing" y Vía Rápida "Fast Tracking" .....	129
<b>5 Gestión de la Calidad del Proyecto.....</b>	<b>131</b>
5.1 Introducción .....	131
5.2 Conceptos de Calidad.....	132
5.2.1 Calidad vs. Grado.....	136
5.2.2 Principios de la Administración de Calidad .....	136
5.2.3 Tres Expertos en Calidad.....	138
5.2.3.1 W. Edwards Deming .....	138
5.2.3.2 Joseph M. Juran.....	141
5.2.3.3 Phillip B. Crosby.....	142
5.3 Planificación de la Calidad.....	144
5.3.1 Factores a Considerar al Planificar la Calidad .....	144

5.3.2 Formato y Componentes del "Plan de Administración de Calidad" .....	145
5.3.2.1 Formato del "Plan de Administración de Calidad".....	146
5.3.2.2 Componentes del "Plan de Administración de Calidad" .....	146
5.3.3 Costos de la Calidad .....	147
5.4 Aseguramiento o Garantía de la Calidad .....	150
5.4.1 Consideraciones en el Aseguramiento de la Calidad .....	150
5.4.2 Reglas y Principios en el Aseguramiento de la Calidad.....	151
5.4.3 Tareas en el Aseguramiento de la Calidad en el Proyecto.....	152
5.5 Control de la Calidad.....	154
5.5.1 Revisiones e Inspecciones .....	155
5.5.2 Herramientas para el Control de Calidad del Proyecto .....	157
5.5.2.1 Tablas o Matrices de Datos.....	157
5.5.2.2 Diagrama de Causa/Efecto .....	158
5.5.2.3 Histogramas.....	160
5.5.2.4 Diagramas de Pareto .....	161
5.5.2.5 Diagrama de Dispersión .....	164
5.5.2.6 Análisis de Tendencia .....	165
5.5.2.7 Mapas de Control .....	165
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>169</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>177</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años y con una tendencia creciente, las Organizaciones maximizan el desarrollo de sus actividades mediante la implementación de Proyectos. Los mismos se convierten en factores clave en el éxito de cualquier Organización permitiendo la generación de nuevos productos y/o servicios. Esta tendencia determina que las Organizaciones cambien constantemente para adaptarse a las circunstancias determinando lineamientos estratégicos que les permitan llevar a cabo sus objetivos. Estos cambios constantes impactan en la estructura de las Organizaciones con el objetivo de orientarse a facilitar el intercambio de información y la colaboración entre los niveles de ejecución. En este contexto, la "Administración de Proyectos" es una disciplina que aplica conceptos, herramientas, técnicas, procesos, metodologías y habilidades para mejorar la gestión del Proyecto en todas sus etapas, aumentando la probabilidad de que los Proyectos finalicen de forma exitosa. Entre sus áreas de interés se encuentran la estimación de tiempos, la estimación de los costos, la administración de riesgos, la definición del alcance, gestión de la calidad, gestión de las adquisiciones, gestión de los recursos humanos y gestión de las comunicaciones.

Una efectiva "Administración de Proyectos" necesita revisiones y ajustes durante todo el ciclo de vida del Proyecto, contrastándolo contra su entorno, dentro del contexto de un plan coherente y consensuado, creado usando métodos sólidos y consistentes.

Es importante entender que para alcanzar resultados exitosos en los Proyectos actuales se necesita disponer en la Organizaciones de las personas, la cultura y la disciplina ("Administración de Proyectos") necesarias para lograr terminar en tiempo, con los costos previstos y con la calidad comprometida.

### **Objetivos del Trabajo**

Explorar el enfoque Tradicional de la Gestión del Alcance, la Gestión de los Riesgos, la Gestión del Tiempo y la Gestión de la Calidad en los Proyectos.

Identificar y Analizar los procesos que permiten gestionar la ejecución y el monitoreo de los Proyectos.

Analizar las principales metodologías, procedimientos, técnicas y herramientas utilizadas en la planificación, estimación, seguimiento y control de Proyectos.

Identificar los principales factores que influyen en el desempeño y resultados de un Proyecto.

Acercar a la comunidad universitaria la problemática (cambios constantes en función de adaptarse y maximizar u optimizar sus actividades) que viven las Organizaciones. Proveyendo a los estudiantes, un acercamiento a los procesos y técnicas para poder asistir a las Organizaciones en la implementación efectiva y eficiente de los Proyectos necesarios para alcanzar sus objetivos.

El trabajo se divide en cinco capítulos. El primero tiene por objetivo proveer un orden cronológico de la evolución de la Administración de Proyectos. Los otros cuatro exploran la Gestión del Alcance, la Gestión de los Riesgos, la Gestión de Tiempos y la Gestión de Calidad respectivamente.

En el capítulo 1 se desarrolla una línea cronológica que comienza al final del siglo XIX y recorre todo el siglo XX, enumerando los hitos que determinaron la evolución y desarrollo de la Administración de Proyectos.

El capítulo 2 desarrolla la Gestión del Alcance en la Administración de Proyectos Tradicional. Desarrollando los cuatro procesos que la conforman: Iniciación del Proyecto, Definición del Alcance de Proyecto, Verificación del Alcance de Proyecto y Control de Alcance de Proyecto. También se hacen algunos contrastes con respecto a la Administración de Proyectos Extrema.

El capítulo 3 explora la Gestión de los Riesgos en la Administración de Proyectos, la cual se encarga de la aplicación sistemática de procesos y procedimientos a las Tareas del Proyecto con el Objetivo Administrar los Riesgos del mismo. Desarrollando los cinco procesos que la conforman: Identificación de Riesgos, Análisis Cualitativo del Riesgo, Análisis Cuantitativo del Riesgo, Respuesta al Riesgo y Monitoreo y Control del Riesgo.

El capítulo 4 desarrolla la Gestión de Tiempos en la Administración de Proyectos, que incluye los procesos requeridos para asegurar que el Proyecto se complete en Tiempo. Desarrollando los cuatro procesos que la conforman: Identificación de las Actividades, Secuenciamiento de las Actividades, Estimación de la Duración de las Actividades y Desarrollo del Cronograma del Proyecto.

El capítulo 5 desarrolla la Gestión de Calidad que incluye los procesos necesarios para asegurar que el Proyecto satisfaga todas las necesidades para las cuales se lleva a cabo. Desarrollando los tres procesos que la conforman: Planificación de la Calidad, Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad.

## **Capítulo 1**

### **1 Historia y Evolución de la Administración De Proyectos**

*"En todas las cosas el éxito depende de la preparación anterior, y sin tal preparación el fracaso es seguro" - Confucio (551-479 AC)*

#### **1.1 El Inicio de la Especialización**

La Administración de Proyecto de alguna forma ha existido durante miles de años. Algunos ejemplos son las pirámides, los edificios de los griegos y los romanos, las guerras y construcción de imperios. Los resultados de estos Proyectos eran impresionantes, pero en general requerían miles de trabajadores y décadas del tiempo [Taylor04].

El inicio de la especialización se produce cuando los agricultores aprendieron a cosechar más alimento que el que ellos mismos necesitaron, y cambiaban su comida con otros hombres que eran capaces de pasar todo su tiempo en la fabricación de cosas útiles. Al aumentar la especialización, en lugar de hacer sus propias casas, carros, barcos, etc., los hombres comenzaron a comprarlos de trabajadores expertos en estas artes. Con el paso del tiempo, se emprendieron Proyectos demasiado grandes para un solo artesano, hasta con la ayuda de sus hijos y aprendices. Estos Proyectos requirieron el trabajo de cientos o hasta miles de hombres, organizados y dirigidos hacia un objetivo común. De esta forma surgieron los técnicos o ingenieros que combinaron la experiencia práctica con conocimientos generales y principios teóricos para construir edificios públicos e instalaciones planificando los detalles y dirigiendo a los trabajadores [Wideman92].

## 1.2 El Aporte de Frederick Taylor y Henry Gantt

A finales del siglo 19, Frederick Taylor aplicó razonamiento científico a tareas realizadas en acerías como el levantamiento y movimiento de partes mostrando que el trabajo puede ser analizado y mejorado concentrándose en sus partes elementales. Hasta ese momento, el único modo de mejorar productividad implicaba hacer trabajar mas tiempo y mas duro a los trabajadores.

Por su parte el socio de Taylor, Henry Gantt, estudió en detalle el orden de las operaciones en el trabajo. La investigación de Gantt se concentró en la construcción de barcos Navales durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918). Sus diagramas de Gantt especifican la secuencia y duración de todas las tareas en un proceso. Los mismos permanecieron sin alterar durante casi cien años. Recién a principios de 1990 se agregaron las líneas de dependencias entre tareas [berkeley] [Harvard96].

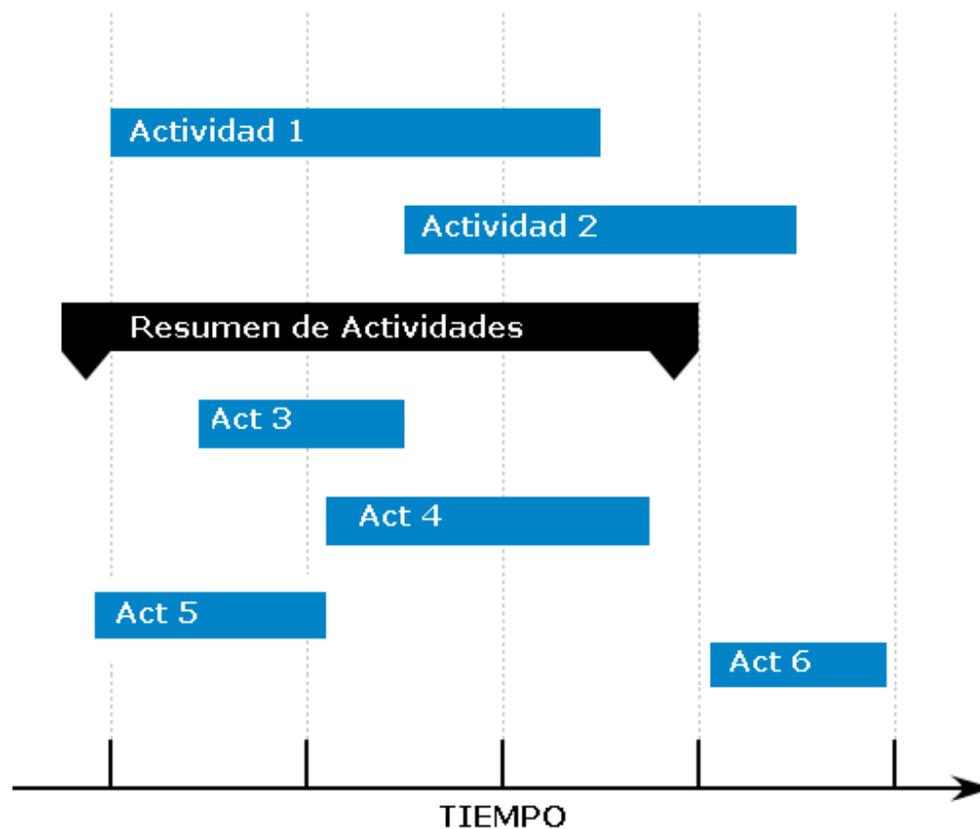


Diagrama de GANTT [wikipediaGANTT]

### **1.3 PERT y CPM**

Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) se perfeccionó la Administración de Proyectos. La fabricación y las cadenas de producción fueron optimizadas para producir materiales de guerra más rápido y mejor. Estos esfuerzos requirieron nuevas y mejores técnicas de Administración de Proyecto [Taylor04]

Por su parte, la Institución de Ingenieros Civiles de Gran Bretaña en 1944 reconoció la necesidad de un acercamiento sistemático para la planificación de Proyectos de Trabajos públicos haciendo la siguiente declaración: "A fin de realizar el trabajo eficazmente, es fundamental que el esquema de operaciones sea primero decidido por aquellos directamente responsables de la ejecución, lo que permite que el trabajo pueda ser desglosado en una serie de operaciones y determinar una secuencia ordenada para la ejecución de las mismas" [Wideman85]

En 1957, después de que el Satélite Sputnik fue lanzado por la URSS, el Departamento de defensa de los Estados Unidos tenía que acelerar el proceso de desarrollo militar y se inventaron nuevas técnicas de modelado y se determinó asignar a una sola persona como responsable del Proyecto en todas sus fases y único contacto para dar avances del mismo. Esta situación generó la necesidad de contar con herramientas mas complejas que permitieran mejorar el control de Proyectos muy complejos [berkeley] El Proyecto de Misiles Polaris para submarinos implicó a tantos contratistas y tanto desarrollo que era prácticamente imposible programar o rastrear el avance del Proyecto [Taylor04].

Por su parte, también en 1957 la corporación DuPont inventó el modelo llamado CPM (Critical Path Method). El uso principal dado al CPM era planificar y calcular el costo del trabajo de construcción en las plantas de su Compañía [Berkun05]

En 1958 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrolló el PERT (Program Evaluation and Review Technique) para dar soporte al Proyecto Polaris. El uso de PERT se intensificó teniendo en cuenta que el Pentágono, la NASA y otras funciones gubernamentales en los EE.UU comenzaron a requerir el uso de la planificación de red en sus contratos con subcontratistas [Lilliesköld02]

En 1959 el término "Project Manager" fue introducido en la literatura por Paul O. Gaddis en su artículo "The Project Manager", el paper comienza con la siguiente declaración: "En campos nuevos y crecientes como electrónica, estudio del átomo, astronáutica y criogénica, un nuevo tipo del Manager está surgiendo. El nombre mas común con el cual se los describe es Project Manager" [Gaddis59]

Durante 1960 las organizaciones comenzaron a ver la ventaja de organizar el trabajo a través de Proyectos y de hacer uso de estas técnicas para poder crecer y afrontar los cambios [Harvard96]. La mayoría de las compañías a diferencia de las aeroespaciales, las de defensa y las de construcción, mantuvieron un método informal para manejar sus Proyectos. En la Administración de Proyecto informal, los Proyectos fueron manejados en una base informal por lo cual la autoridad del Project Manager (Administrador de Proyecto) fue minimizada. La mayor parte de Proyectos fueron manejados por gerentes funcionales y se quedaron en una o dos líneas funcionales, y las comunicaciones formales eran innecesarias o manejadas informalmente [Kerzner01].

Según [Lilliesköld02] los proyectos que predominaban en ese período eran operaciones en espacio aéreo, defensa e industrias de la construcción. Estos Proyectos eran muy grandes y los miembros de Proyecto trabajaban el 100 % en un Proyecto. La Administración de gastos y tiempo era un asunto secundario.

#### **1.4 De la Administración de Proyectos Informal a la Formal**

Desde finales de los años 60 e inicio de los años 70 las sociedades de Administración de Proyectos empezaron a promover foros profesionales para comunicar y expandir la disciplina a través de revistas, conferencias y seminarios. A mediados de los años 80 el PMI (Project Management Institute fundado en 1969 con base en Filadelfia) y luego el APM (Association for Project Management fundado en 1972 con base en Inglaterra) generaron programas para probar si la gente cumplía con los estándares que la administración profesional de Proyectos requería [VegaDíaz04].

Durante los años 70 y principios de los años 80, cada vez más compañías se marcharon de la Administración de Proyecto informal y se reestructuraron para formalizar el proceso de Administración de Proyecto, principalmente porque el tamaño y la complejidad de sus actividades había crecido demasiado. Por su parte, la NASA y el Departamento de Defensa "forzaron" a los subcontratistas a aceptar la Administración de Proyectos [Kerzner01].

Muchas compañías reestructuraron su proceso informal de Administración de Proyectos para formalizarlo principalmente debido al tamaño y complejidad de sus actividades. Las empresas reconocieron que tenían que ser competentes en la calidad y en costo [VegaDíaz04].

Las prácticas de Administración de Proyecto comenzaron la formalización y la conceptualización del Análisis de Riesgos, técnicas de valoración como Puntos de Función y modelado formal de alcance y de objetivos. El análisis de costo-beneficio comenzó a surgir y fue adoptado por los Administradores de Proyectos (Project Manager). Muchos informes fueron escritos cubriendo fracasos de Proyectos en décadas anteriores [Lilliesköld02].

Durante la década de 1980 la de 1990 muchas compañías de software ofrecieron herramientas cada vez más poderosos y fáciles para planificar y controlar costos y tiempos del Proyecto. Durante la década 1990, La tecnología de la información y las industrias de telecomunicaciones provocaron el crecimiento masivo del uso de la Administración de Proyecto [rfbusiness].

Las corporaciones comenzaron a ver las ventajas de la Administración de Proyectos no sólo a fin de facilitar el cambio sino también mejorar la rentabilidad. La Administración de Proyecto comenzó a ser aplicada en Proyectos de todos los tamaños y hasta las

áreas funcionales del negocio comenzaron a reconocer el impacto de la disciplina. El costo, el tiempo y el alcance podían ser manejados en una manera controlada. El desarrollo de computadoras y de software ganó velocidad, ayudando a las compañías a adaptarse al nuevo pensamiento [Lilliesköld02].

En los años 1990, el interés en la Administración de Proyectos se elevó debido a una convergencia de varios factores. Entre ellos se destaca el desarrollo de software que facilitaron el uso de las técnicas de Administración de Proyecto [Verzuh05]

Para [VegaDíaz04] en la década de los 90's las compañías se dieron cuenta que la implementación de la Administración de Proyectos era una necesidad no una elección debido a varios factores. A continuación se enumeran algunos de estos factores:

- Reducir la programación del tiempo y ser los primeros en el mercado.
- Se puede alcanzar el control si la alta dirección actúa como patrocinador del Proyecto.
- Disponer de un buen sistema para el control de costos del Proyecto permitía mejorar las estimaciones.
- Muy pocos Proyectos eran terminados dentro del marco de los objetivos originales sin cambios al alcance, determinando la necesidad de crear metodologías para una efectiva administración de cambios.
- La Administración de Riesgos era necesaria, incluyendo los planes de administración de riesgo en los planes del Proyecto.
- La importancia de la ingeniería concurrente y el desarrollo rápido de productos encontrando que es mejor tener recursos dedicados durante la duración de los Proyectos y que el costo de la sobre administración era menor que el riesgo por la falta de administración.

[Kerzner01] Coincide que durante este período, las compañías comenzaron a reconocer las ventajas de la Administración de Proyecto. A continuación se enumeran algunos puntos de vistas pasados y presentes respecto a la Administración de Proyectos:

Punto de Vista Pasado (Obsoleto):

- Sólo los Proyectos grandes necesitan de la Administración de Proyectos.
- La Administración de Proyectos va a disminuir la rentabilidad.
- La Administración de Proyectos requerirá a más personas e incrementará los gastos generales.
- La Administración de Proyectos aumentará la cantidad de cambios en el alcance.
- La Administración de Proyectos creará problemas (conflictos de poder, aumento de los problemas de calidad, etc.).
- La Administración de Proyectos entrega productos al cliente.

Punto de Vista Presente (Vigente):

- La Administración de Proyectos permite realizar más trabajo en menos tiempo y con menos personas.
- La Administración de Proyectos aumenta la rentabilidad
- La Administración de Proyectos proporciona un mejor control para los cambios de alcance.
- La Administración de Proyectos proporciona un medio para la solución de problemas (aumenta la calidad, reduce luchas por el poder, etc.)
- Todos los Proyectos se beneficiarán de la Administración de Proyectos (no solo los grandes Proyectos).
- La Administración de Proyectos entrega soluciones.

También durante este período los siguientes procesos fueron integrados en una sola metodología de "Administración de Proyectos" [Kerzner01]:

- Administración de Proyectos: principios básicos de planificación, programación, y control de trabajo.
- Administración de Calidad Total: proceso de asegurar que el resultado final va a cumplir con las expectativas del cliente
- Ingeniería Concurrente: proceso de realizar trabajo en paralelo con el objetivo de comprimir el cronograma sin implicar riesgos serios al Proyecto.

- Control de Cambio de Alcance: proceso de controlar la configuración del resultado final.
- Administración de Riesgo: proceso de identificar, cuantificar y responder a los riesgos de Proyecto evitando impactos importantes en los objetivos del Proyecto.

Desde 1993 hasta la actualidad se produjeron cambios significativos tanto de aspectos cualitativos como organizativos, permitiendo que intereses más altos de las compañías puedan alcanzarse mediante el desarrollo y utilización de modelos y procesos de Administración de Proyecto [Lilliesköld02]

La introducción del término 'project sponsor' según [CrawfordBrett01] aparece a finales de 1980 y en 1993 J. Rodney Turner habló del 'sponsor' como 'el dueño' del Proyecto, es decir, la persona que pagó por el trabajo.

A continuación se enumeran algunos factores y razones que han influenciado directamente o indirectamente en el crecimiento y desarrollo de la Administración de Proyectos a partir de la década de los 90's [VegaDíaz04]:

- Fusiones y adquisiciones de compañías donde la Administración de Proyectos se vuelve un reto mayor (en lo que se refiere a la integración y unificación de los procesos, sistemas, personas, ubicación, etc.).
- Las corporaciones se encuentran bajo presión para alcanzar la madurez tan pronto como sea posible.
- El uso del Internet como medio para reportar los avances del Proyecto se vuelve una herramienta importante en corporaciones multinacionales que necesitan intercambiar información rápidamente.
- Crecimiento exponencial de la Tecnología de la Información.
- Altas expectativas de los Clientes.
- Proyectos cada vez más complejos.

Otro factor que ha influenciado en el Crecimiento de la Administración de Proyectos es la comunicación a través de Internet entre proveedores (empresas de servicios, software, ingeniería, etc.) con sus clientes o usuarios permitiendo visualizar de forma gráfica el avance de los Proyectos contratados.

Hoy en día muchas empresas manufactureras han introducido el concepto de la Administración de Proyectos debido a los grandes Proyectos que requieren de una fuerte inversión o de una multitud de Proyectos simultáneos. También las empresas que venden soluciones a sus clientes más que productos identifican como casi imposible vender soluciones completas a los clientes sin tener prácticas superiores de Administración de Proyectos [VegaDíaz04].

### 1.5 Diagrama de GANTT, PERT y CPM - Ejemplo

A continuación se muestra un Diagrama de RED / PERT de Ejemplo y a partir de este se muestran un Diagrama de GANTT, un Diagrama de RED / PERT y un Diagrama de CPM realizados Microsoft Project 2000.

El Diagrama de RED / PERT del Ejemplo está compuesto de un "Inicio", de "Actividades o Tareas" a realizarse y su "Duración Esperada" (representadas por círculos), de "Vínculos" entre las "Actividades o Tareas" que están relacionadas (representados por flechas, distinguiendo en color rojo el Camino Crítico) y de un "Final".

En el Ejemplo solo se especifica la duración "ESPERADA" para cada una de las Tareas. En un escenario real de Análisis PERT es necesario especificar las "Duraciones" optimista, esperada y pesimista para cada una de las tareas como así también los "Pesos" correspondientes a cada una de las "Duraciones". Esto permite calcular la "duración PERT" de una tarea, como media ponderada de las duraciones optimista, esperada y pesimista de dicha tarea. Los pesos predeterminados que propone Microsoft Project 2000 son 1 para la duración optimista, 4 para la esperada y 1 para la pesimista.

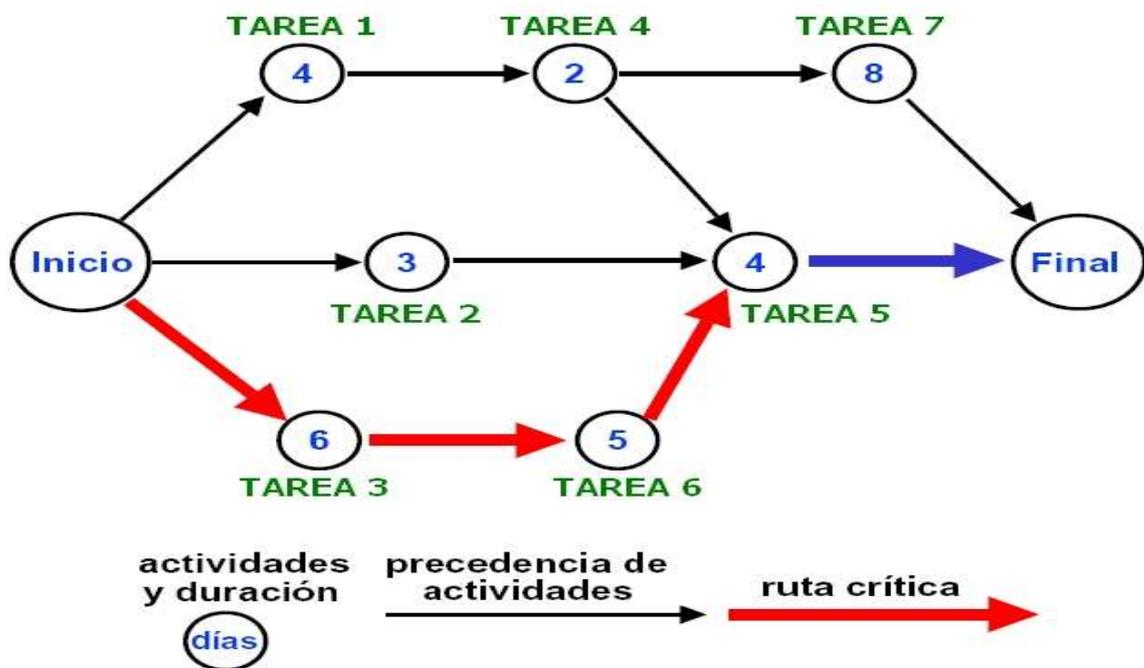


Diagrama de RED / PERT de Ejemplo

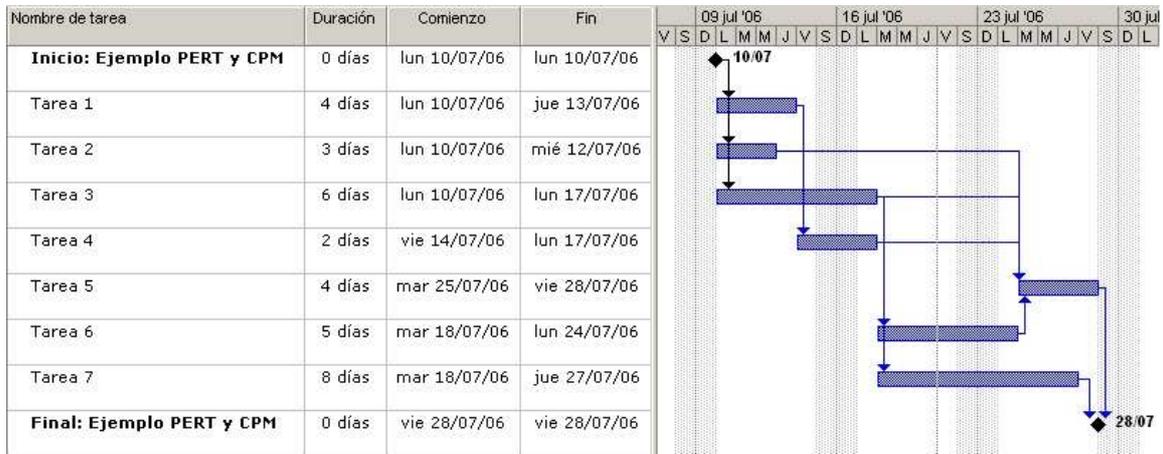


Diagrama de GANTT desarrollado en Microsoft Project 2000 para el Ejemplo anterior. Se visualizan las Actividades (Tareas), la Duración y las Dependencias.

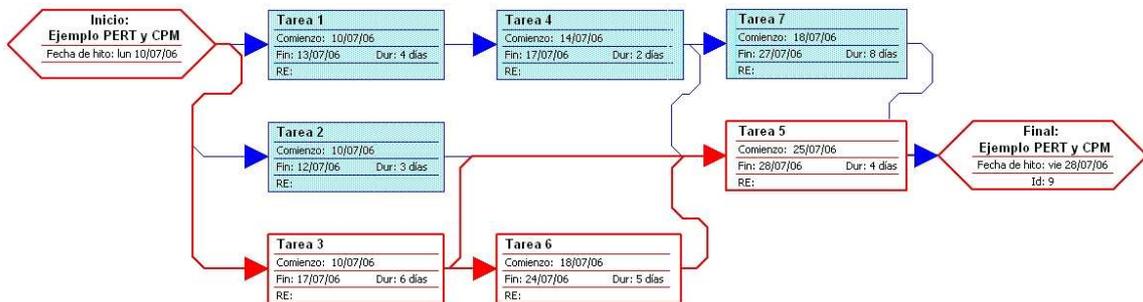


Diagrama de RED / PERT desarrollado en Microsoft Project 2000 para el Ejemplo anterior. Donde se visualizan las Actividades, la Duración, la Fecha de Inicio, la Fecha de Fin y las Dependencias.

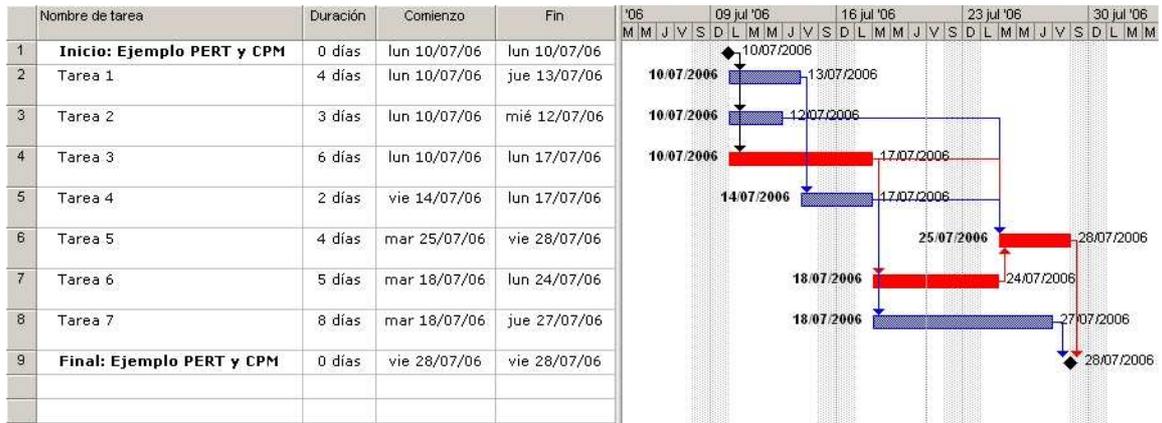


Diagrama de CPM desarrollado en Microsoft Project 2000 para el Ejemplo anterior. Donde se visualizan las Actividades, la Duración, las Dependencias y el Camino Crítico (en color Rojo).

## Capítulo 2

### 2 Gestión del Alcance del Proyecto

#### 2.1 Introducción

Todos los Proyectos comienzan como un concepto que tiene por objetivo crear un nuevo producto o servicio. Los Proyectos están orientados hacia un objetivo: alcanzar determinados resultados. Los objetivos son los que impulsan los proyectos, ya que la planificación y el desarrollo se ponen en marcha para alcanzarlos [Frame95]. El alcance de un proyecto es la suma total de todos los productos del proyecto y también es usado para describir la totalidad del trabajo necesario para completar un proyecto [wikipediaScope].

Para [Wysocki03] en la (DPT) Dirección de Proyectos Tradicional (existe mayor claridad tanto respecto al objetivo como con respecto a la solución), los instrumentos para describir el Alcance de un Proyecto son la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo) y el Diccionario de la EDT. Por otra parte, la (DPE) Dirección de Proyectos Extrema (permite manejar proyectos donde los objetivos o la solución no están bien identificados al principio) hace uso de Guiones e Historias de Usuario (son descripciones de como una persona podría usar el producto o servicio) para describir el Alcance de un Proyecto.

La DPT utiliza un conjunto de herramientas y técnicas para Gestionar el Alcance del Proyecto, que se pueden agrupar en cuatro procesos [PMI04], [Phillips04]:

- **Iniciación del Proyecto:** tiene por objetivo la creación del "Acta del Proyecto" y el "Enunciado del Alcance".
- **Definición del Alcance de Proyecto:** profundizar el desarrollo del "Enunciado del Alcance" a un nivel de detalle que permita eliminar o reducir la incertidumbre, logrando un mejor entendimiento de los objetivos, necesidades y Requerimientos.
- **Verificación del Alcance de Proyecto:** este proceso tiene por objetivo formalizar la aprobación de los entregables del Proyecto.
- **Control de Alcance de Proyecto:** necesario para identificar, evaluar y aprobar los cambios antes de implementarlos.

## **2.2 Creación del Acta de Proyecto**

El 'Acta de Proyecto' es un documento interno de la Organización que contiene un resumen del Alcance describiendo el Proyecto, detalla como el Proyecto dará soporte a los objetivos estratégicos de la compañía, que prioridad tiene asignada y quien es el Administrador de Proyecto (Project Manager) asignado al mismo. Es el "documento que autoriza formalmente al Proyecto y que asigna al Administrador de Proyecto (Project Manager) la autoridad para asignar recursos de la Organización a las actividades del Proyecto" [PMI04]. Es el "el documento que contiene los objetivos y las restricciones del Proyecto" [MartinTate01]. El mismo "reconoce la existencia del Proyecto y que generalmente es publicado por los sponsors" [Heldman03]. Una vez que el 'Acta de Proyecto' es generado tiene que ser enviado a todas las personas involucradas (stakeholders) con el objetivo de oficializar el Proyecto y el Administrador de Proyecto asignado al mismo [Verzuh05].

[Heldman03] Destaca algunos Objetivos que persigue y los Componentes que conforman el 'Acta de Proyecto', los cuales se enumeran a continuación:

### **2.2.1 Objetivos del "Acta de Proyecto"**

- Formalizar la existencia del Proyecto en al Organización.
- Obtener los Recursos para el Proyecto.
- Formalizar la asignación del Administrador de Proyecto.
- Proveer una visión general del Proyecto y sus objetivos.

### **2.2.2 Componentes del "Acta de Proyecto"**

- Visión general del Proyecto.
- Objetivos del Proyecto.
- Business Plan.
- Estimación de Costos y Recursos necesarios.
- Roles y Responsabilidades de los involucrados.

Formato y Componentes del "Acta de Proyecto" [Heldman03]

Acta del Proyecto	
<b>I. Información General</b>	
Nombre del Proyecto: _____	Nro de Proyecto: _____
Nombre del Sponsor: _____	Fecha: _____
<b>II. Visión General del Proyecto</b>	
<b>III. Objetivos del Proyecto</b>	
<b>IV. Business Plan</b>	
<b>V. Estimación de Costos y Recursos Necesarios</b>	
<b>VI. Roles y Responsabilidades de los Involucrados</b>	
<b>VII. Firma de los Responsables</b>	
<b>VIII. Anexos</b>	

## 2.3 Creación del Enunciado del Alcance del Proyecto

A partir del "Acta de Proyecto" y de la descripción del Producto o Servicio se realiza el Enunciado del Alcance del Proyecto. El Enunciado del Alcance del Proyecto es un documento donde se determina "QUE" es lo que hay que hacer, es decir, especifica el "conjunto de tareas" que deben realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas. Por otra parte, el Enunciado del Alcance del Proyecto debe especificar que cosas no se harán, debe determinar los límites del Proyecto y permitir que los interesados logren un entendimiento común respecto al "Alcance del Proyecto" [PMI04].

El Enunciado del Alcance del Proyecto es el documento primario que se utiliza para entender la naturaleza del Proyecto. Incluye los Objetivos del Alcance, la justificación del Proyecto, la descripción del Producto que el Proyecto generará, los entregables y los criterios que determinan el éxito del Proyecto. El Enunciado del Alcance del Proyecto también debe incluir que cosas no se harán, es decir, cuales son las exclusiones en el conjunto de entregables, las restricciones identificadas y los supuestos asumidos. La generación del Enunciado del Alcance es responsabilidad del Administrador de Proyecto (Project Manager) [NewellGrashina04].

Las tareas asociadas al Enunciado de Alcance del Proyecto y sus responsables se enumeran a continuación [Heldman03]:

<b>Responsable</b>	<b>Responsabilidad</b>
Administrador de Proyecto	Crear el Enunciado del Alcance
Stakeholders (interesados)	Aprobar el enunciado del Alcance
Sponsors	Aprobar el enunciado del Alcance
Equipo de Proyecto	Revisar el enunciado del Alcance
Gerentes Funcionales	Revisar el enunciado del Alcance

### 2.3.1 Componentes del Enunciado del Alcance del Proyecto

Para [Heldman03] los componentes del Enunciado del Alcance son los siguientes:

- Información General del Proyecto.
- Visión General del Proyecto incluyendo la descripción del Producto o Servicio.
- Objetivos y Metas del Proyecto.

- Listado de entregables del Proyecto.
- Listado de Requerimientos del Proyecto.
- Listado de exclusiones del Alcance.
- Estimación de alto nivel de Tiempo y Costo.
- Roles y Responsabilidades.
- Supuestos.
- Restricciones.
- Firma de los responsables.

Formato y Componentes del Enunciado de Alcance [Heldman03]

Enunciado del Alcance del Proyecto
<b>I. Información General del Proyecto</b> Nombre del Proyecto: _____ Número del Proyecto: _____ Nombre del Administrador del Proyecto: _____ Fecha: _____
<b>II. Visión General del Proyecto</b>
<b>III. Objetivos y Metas del Proyecto</b>
<b>IV. Listado de Entregables del Proyecto</b>
<b>V. Listado de Requerimientos del Proyecto</b>
<b>VI. Listado de Exclusiones del Alcance</b>
<b>VII. Estimación de Alto Nivel de Tiempo y Costo</b>
<b>VIII. Roles y Responsabilidades</b>
<b>IX. Supuestos</b>
<b>X. Restricciones</b>
<b>XI. Firma de los Responsables</b>

En cuanto a los Objetivos y Metas del Proyecto S.M.A.R.T que plantea [Heldman03] en el Enunciado de Alcance, George Doran publicó un artículo en Noviembre de 1981 titulado "There's a S.M.A.R.T. Way to Write Management Goals and Objectives." En su artículo George Doran utiliza la sigla S.M.A.R.T. para indicar que los objetivos y metas tienen que ser:

- **S = Specific.** Las metas y objetivos tienen que ser específicos y claros.
- **M = Measurable.** Las metas y objetivos tienen que poder medirse.
- **A = Achievable.** Las metas y objetivos tienen que ser alcanzables.
- **R = Relevant.** Las metas y objetivos tienen que ser importantes.
- **T = Timed.** Las metas y objetivos tienen que alcanzarse en un tiempo limitado. Es decir, tienen que establecerse las fechas de inicio y de finalización.

### 2.3.2 Componentes del Enunciado de la Visión del Proyecto

Para [Wysocki03] a diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional donde se utilizan el 'Acta de Proyecto' y el 'Enunciado del Alcance', en Administración de Proyectos Extrema la frase 'Lo sabré cuando lo veo' es la única declaración del objetivo de Proyecto que puede hacerse, dada la naturaleza imprecisa del objetivo del Proyecto. En esta etapa cualquier definición del objetivo de Proyecto debería ser la visión del futuro. Bajo este enfoque se realiza el Enunciado de Visión del Proyecto (POS).

Formato del Enunciado de Visión del Proyecto (POS) [Wysocki03]

ENUNCIADO DE VISION DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	Nro. del Proyecto	Administrador del Proyecto
<b>Problema / Oportunidad</b>			
<b>Meta</b>			
<b>Objetivo</b>			
<b>Criterios de Exitos</b>			
<b>Asunciones, Riesgos y Obstáculos</b>			
<b>Preparado Por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Aprobado Por</b>	<b>Fecha</b>

Los componentes del Enunciado de la Visión del Proyecto (POS) en Administración de Proyectos Extrema son [Wysocki03]:

- **Problema / Oportunidad.**
- **Meta:** A diferencia de las declaraciones de metas en un Proyecto Tradicional no hay ningún margen de tiempo especificado.
- **Objetivos:** El formato no cumple con las características S.M.A.R.T. En la mayoría de los casos, estos Objetivos proporcionan las direcciones que el equipo tiene la intención de perseguir. Su finalización acertada no asegura el logro de objetivo. Algunos de ellos pueden ser desechados basados en aprendizaje y descubrimiento en ciclos tempranos.
- **Criterios de Éxito.**
- **Asunciones, riesgos y obstáculos.**

## 2.4 Gestión del Alcance del Proyecto

"La gestión del alcance del Proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar que el Proyecto incluya todo el trabajo requerido, y solamente el trabajo requerido, de manera tal de completar exitosamente el Proyecto" [RodneyTurner92].

[PMI04] Identifica dos tipos de Alcance:

- **Alcance del producto:** se refiere a las características y funciones que caracterizan a un producto o servicio.
- **Alcance del Proyecto:** se refiere al trabajo que se debe realizar para proveer un producto con las características y funciones especificadas.

### 2.4.1 Consideraciones de la Gestión de Alcance

Durante la Gestión del Alcance es necesario tener en cuenta algunos factores que pueden condicionar el éxito del Proyecto. Las principales fuentes de fracaso que [Frame95] identifica y que se desarrollan a continuación son:

- Factores Organizacionales.
- Mala Identificación de las Necesidades del cliente y Especificación Incorrecta de los Requerimientos del Proyecto.
- Planificación y Control Deficientes.

#### 2.4.1.1 Factores Organizacionales

Los Factores Organizacionales tales como: valores, normas, creencias, políticas y procedimientos; tienen en general una influencia directa en los Proyectos [PMI04].

Los administradores de Proyectos experimentados saben que muchos de los problemas que enfrentan están relacionados con cuestiones organizacionales. Las reglas de trabajo arbitrarias, el micromanagement originado en los altos niveles de la jerarquía, la incapacidad para conseguir la gente adecuada para cada tarea y los presupuestos mal elaborados hacen que un trabajo difícil se vuelva imposible [Frame95].

Según [AQS01] todos los principios para la gestión exitosa de proyectos valen de poco si no son apoyados por la Dirección de la Organización. La ausencia de apoyo permite que se produzcan presiones excesivas por parte de los clientes, forzando al equipo de Proyecto a aceptar planificaciones irrealistas.

#### **2.4.1.2 Necesidades y Requerimientos**

"Un Proyecto que produce algo que no se usa o que se usa muy poco es un fracaso, aún cuando el producto haya sido desarrollado en el plazo estipulado y dentro del presupuesto. Las necesidades del cliente y los Requerimientos del Proyecto son cuestiones que todos los Administradores de Proyectos (Project Manager) deben manejar bien porque constituyen una importante fuente de fracaso" [Frame95]. Algunas de las razones por las cuales el producto final no satisface las necesidades del cliente o genera en el mismo una resistencia que hace que no lo use:

- El producto fue generado dentro de una modalidad de trabajo donde se refleja la visión que los altos ejecutivos tienen de las necesidades de los clientes.
- El producto refleja la opinión del diseñador del sistema respecto de que es lo mejor para los clientes (refleja la opinión del "Experto") sin tener en cuenta las preferencias de los clientes.
- Los clientes no saben realmente lo que necesitan.
- Los clientes y el equipo del Proyecto tienen diferentes interpretaciones de las especificaciones.
- Incorrecta definición de las necesidades por parte de los clientes.
- Cambios en los objetivos.
- Cambios en la Arquitectura Tecnológica Subyacente.
- Cambios en la estructura organizacional.

Por su parte [AQS01] enumera otro conjunto de razones:

- Exceso en los requerimientos.
- Plantear demasiados objetivos a la vez.
- Requerimientos inestables.
- Expectativas irrealistas.
- Falta del "input" de usuario.

- Demasiados interlocutores o interlocutores ineficaces.
- Compromiso insuficiente de los participantes en el proyecto.

### 2.4.1.3 Planificación y Control Deficientes

"Una buena planificación es condición necesaria (pero no suficiente) para el éxito del Proyecto" [Frame95]. También son importantes los controles porque nos permiten determinar si el plan está siendo realizado correctamente. Un Proyecto con malos controles es un Proyecto fuera de control.

[AQS01] destaca algunos puntos a tener en cuenta respecto a la Planificación y Control del Proyecto, entre ellos se destacan:

- **Planificación excesivamente optimista:** Una planificación excesivamente optimista impide una planificación eficiente y genera presiones que acaban degradando al equipo y proyecto en la mayoría de los casos.
- **Control de gestión insuficiente:** Es importante llevar a cabo un control de la evolución del desarrollo para ver si los hitos planteados se van cumpliendo y diagnosticar las causas de los posibles problemas puesto que esto permite reaccionar a tiempo y tomar decisiones razonables dentro de la situación del proyecto.
- **Gestión de riesgos insuficiente:** Resulta muy fácil llegar a un punto en el cual no queda capacidad de maniobra si se detecta que el proyecto va mal cuando no hay una gestión de riesgos activa. Este hecho es especialmente relevante si se tiene en cuenta que muchas veces un solo factor de los aquí expuestos puede degradar el proyecto por completo. Este punto se desarrollará en el Capítulo: Gestión de Riesgos.

Otro tipo de Planificación a tener en cuenta es la **Excesivamente Pesimista o Conservadora:** la cual hace fracasar el proyecto antes de su inicio, ya que este no es aprobado por exceso de costo estimado respecto del presupuesto aprobado o sugerido (o percepción de exceso de complejidad).

## **2.4.2 Definición del Alcance**

La necesidad del cliente definida en el Acta de Proyecto tiene que ser analizada en detalle, para asegurarnos que realmente entendimos lo que el cliente necesita [MartinTate01].

El proceso de Definición del Alcance tiene por objetivo el desarrollo del "Enunciado del Alcance" del Proyecto a un nivel de detalle que permita eliminar o reducir la incertidumbre, logrando un mejor entendimiento de los "objetivos, necesidades y Requerimientos", generando una "Línea Base" para monitorear y controlar el Proyecto (lo que permite detectar desvíos y cambios). En las Organizaciones, los stakeholders (interesados) tienen una idea general de que debe hacerse en el Proyecto. El proceso de Definición del Alcance tiene que transformar la visión de los stakeholders (interesados) del Proyecto en componentes de trabajo con la secuencia correspondiente para que puedan ser realizados [PMIO4].

A diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional, en Administración de Proyectos Extrema es necesario usar las declaraciones del 'Enunciado de la Visión del Proyecto' (POS) como una guía. El mismo puede ser continuamente actualizado para reflejar el estado de situación actual del Proyecto y se utiliza como una guía para lo que se realizará [Wysocki03].

### **2.4.2.1 Necesidades y Requerimientos**

"Los Proyectos surgen con el propósito de satisfacer necesidades humanas. Primero aparece una necesidad y luego el management determina si vale la pena satisfacerla" [Frame95]. El Proyecto va a tener problemas si se produce que:

- No comprendemos totalmente una necesidad y sus consecuencias.
- Formulamos la necesidad de forma incorrecta.
- Abordamos una necesidad equivocada.

"La causa principal de muchos problemas que aparecen durante el desarrollo del Proyecto se originan por diferencias entre lo que el cliente dice que quiere y lo que el cliente realmente necesita" [Wysocki03].

#### **2.4.2.1.1 Ciclo de Vida de las Necesidades**

Según [Frame95] en primer lugar hay una fase de aparición de las necesidades. Existe después una fase de reconocimiento de las necesidades. Esto seguido por una fase de formulación de las necesidades. Una vez que las necesidades fueron formuladas, se pueden utilizar para establecer los Requerimientos funcionales (descripción detallada de lo que un Proyecto tiene que hacer para satisfacer las necesidades que se han formulado). A partir de los Requerimientos funcionales se pueden establecer los Requerimientos técnicos. A continuación se detallan las cinco fases que componen el Ciclo de Vida de las Necesidades:

- 1. Las necesidades aparecen.** El cambio es un generador de necesidades. Las necesidades pueden surgir desde dentro o desde afuera de la Organización. Las necesidades internas generalmente se relacionan con la mejora del desempeño organizacional.
- 2. Las necesidades son reconocidas.** Las necesidades tienen que ser reconocidas para poder realizar alguna acción que pueda satisfacerlas. El reconocimiento de las necesidades requiere un esfuerzo consciente por parte de los miembros de la organización.
- 3. Las necesidades son formuladas.** Una vez que la necesidad fue reconocida, es necesario formularla de forma clara. La formulación de la necesidad implica un análisis profundo de la necesidad reconocida. Proceso de formulación de necesidades:
  1. Pedirle a las personas que conocen la necesidad que la definan lo mas claramente posible.
  2. Formular un conjunto de preguntas acerca de la necesidad, lo que permite abordar la necesidad desde diferentes puntos de vista.
  3. Realizar toda la investigación necesaria para comprender la necesidad.
  4. Formular la necesidad lo mejor que se pueda.
  5. Pedirle a los clientes que comenten la formulación de la necesidad y revisar los comentarios.
- 4. Los Requerimientos funcionales son generados.** Una vez que se definieron las necesidades las mismas se utilizan como base para definir el plan de Proyecto. Esto se logra formulando las necesidades como Requerimientos

funcionales (se describen las características del producto de forma que cualquier persona sin conocimientos técnicos pueda comprenderlas).

- 5. Los Requerimientos técnicos son desarrollados.** Los Requerimientos técnicos surgen de los Requerimientos funcionales (se escriben para el equipo técnico).

#### **2.4.2.1.2 Consideraciones en la Administración de Necesidades**

Algunos de los motivos que destaca [Frame95] por los cuales el proceso de administración de necesidades puede tener dificultades son:

- **Necesidades Dinámicas.** La razón por la cual las necesidades son dinámicas es porque se las define en función del ambiente en el que surgen. Algunas fuentes de modificación de las necesidades son:
  - **Cambio de Actores.** Cada vez que aparecen nuevos actores, ellos traen consigo su propia perspectiva del Proyecto.
  - **Cambio de Presupuesto.**
  - **Cambio de Tecnología.**
  - **Modificación del Ambiente Comercial.**
- **Definición prematura de la solución.** Abreviar el proceso de formulación de necesidades hace que se produzcan respuestas antes de haber formulado las preguntas correctas.
- **Solucionar la necesidad del cliente equivocado.** Al comenzar con el proceso de administración de necesidades es fundamental identificar "quienes son las personas que experimentan esas necesidades", de lo contrario es muy probable que se intente satisfacer las necesidades de los clientes equivocados.
- **Distorsión de las necesidades.** Es común que las personas que analizan las necesidades alteren su formulación con el fin de reflejar su propias tendencias y no las verdaderas necesidades de los clientes.

### 2.4.2.1.3 Administración de Requerimientos

Un "Requerimiento es una necesidad documentada donde se especifica lo que un producto o un servicio debería ser o hacer" [Wikipedia].

[Wikipedia] Clasifica los Requerimientos en tres categorías:

- **Requerimientos funcionales:** describen características del sistema o cosas que el sistema debe hacer.
- **Requerimientos no funcionales:** describen características que el sistema debe cumplir (disponibilidad, accesibilidad). La especificación de los Requerimientos funcionales debe realizarse por usuarios expertos y deben cumplir con las siguientes características:
  - Necesario
  - No ambiguo
  - Conciso
  - Consecuente
  - Completo
  - Accesible
  - Verificable
  - Claro
- **Restricciones:** describen los límites del producto o servicio.

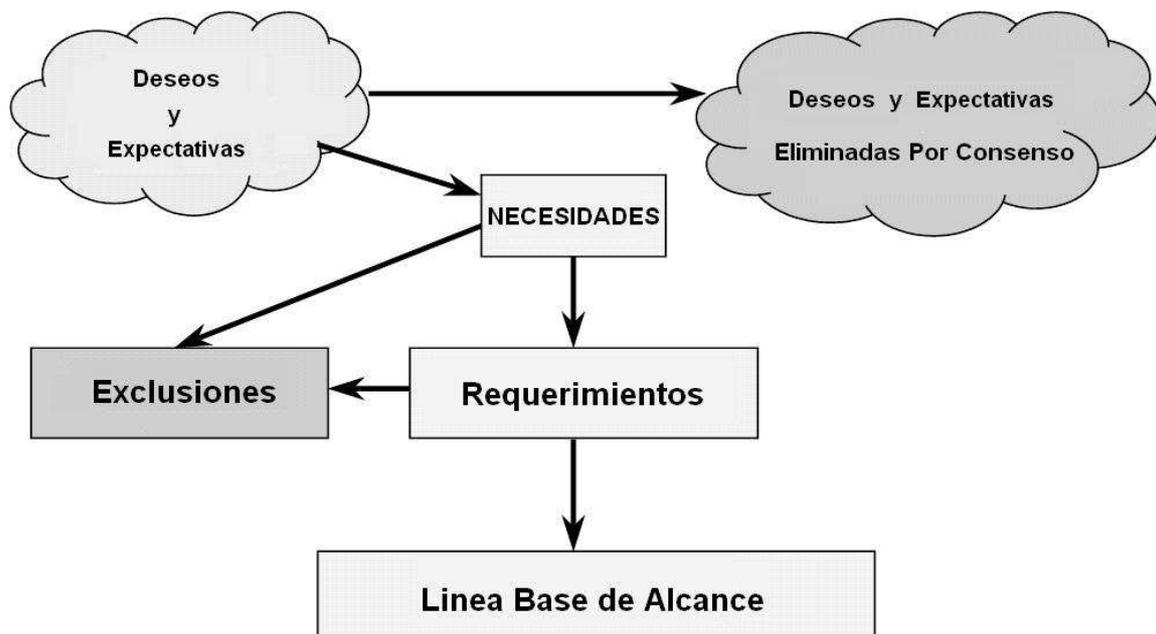
Para [Taylor04] los Requerimientos frecuentemente surgen como resultado de alcanzar los Objetivos Estratégicos de las Organizaciones.

La especificación de los Requerimientos es una de las tareas mas difíciles que tienen que realizar los Administradores de Proyectos (Project Manager). Los requerimientos mal especificados siempre producen el fracaso o el mal desempeño de los Proyectos [Frame95].

Es muy importante establecer un procedimiento para asegurarnos que todos los Requerimientos necesarios del Proyecto son identificados y que todos los Requerimientos innecesarios son eliminados de la lista de entregables del Proyecto.

El Procedimiento de Administración de Requerimientos que propone [NewellGrashina04] es el siguiente:

1. Es necesario comenzar listando las necesidades y deseos de los stakeholders (interesados).
2. El siguiente paso es revisar la lista de "deseos y necesidades", para eliminar por consenso los ítems menos relevantes determinando la lista de "necesidades". En Proyectos no muy grandes, la lista puede ser revisada por todos los stakeholders (interesados). En Proyectos grandes, generalmente se determina un comité para realizar la revisión.
3. Se realiza una investigación para cada uno de los ítems que conforma la lista de "necesidades" para determinar su justificación. Los ítems excluidos como resultado de la investigación requieren que se documente las razones de la exclusión.
4. Las "necesidades" resultantes una vez realizada la investigación, se denominan "Requerimientos".
5. El listado de Requerimientos del Proyecto permite establecer la "Línea Base del Alcance".



Proceso de Administración de Requerimientos [NewellGrashina04]

A diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional, en Administración de Proyectos Extrema los clientes escriben las historias que describen sus necesidades y a su vez tienen la obligación de armar los mecanismos de prueba o "satisfacibilidad" de las necesidades (las necesidades que describen son sólo las esenciales).

En Administración de Proyectos Extrema se utilizan las 'historias de usuario' para la especificación de Requerimientos (juntos con pruebas de aceptación). Una historia de usuario es una especificación informal del Requerimiento. Cada historia es escrita en forma de una pequeña nota para asegurar que no se extienda demasiado y las mismas tienen que ser escritas por los clientes. De esta forma, las historias de usuario permiten manejar los Requerimientos del cliente sin necesidad trabajar y mantener documentos de Requerimientos formales grandes. Cuando una historia de usuario debe ser puesta en práctica, una prueba de aceptación más formal debe ser escrita por el cliente para asegurar que posible determinar si los objetivos de la historia fueron alcanzados [wikipedia].

#### **2.4.2.1.4 Consideraciones en la Administración de Requerimientos**

Según [Frame95] es necesario realizar una cuidadosa formulación de las necesidades del cliente y trabajar en conjunto con el mismo para elaborar especificaciones funcionales precisas. Algunos de los problemas inherentes a la administración de los Requerimientos que destaca son:

- **Requerimientos Incorrectos.** Las necesidades del cliente pueden ser mal interpretadas y mal expresadas por diversos motivos y de diversas maneras. Las especificaciones funcionales construidas a partir de necesidades mal expresadas no cumplirán con su objetivos. El producto final tendrá escasa o ninguna relación con lo que los clientes necesitan o desean.
- **Requerimientos Imprecisos y Ambiguos.** Las especificaciones se formulan de forma imprecisa por diversas razones. Algunas de estas razones son:
  - El lenguaje humano es naturalmente ambiguo. Es necesario utilizar mapas conceptuales para lograr especificaciones mas precisas.
  - Imprecision para preservar la flexibilidad del Proyecto.
  - Los clientes no son expertos en la especificación de Requerimientos.

- **Requerimientos Cambiantes.** Los Proyectos son dinámicos y durante su desarrollo se generan presiones para cambiar los Requerimientos. Los cambios en las especificaciones tienen un impacto económico. Los plazos se extienden, los gastos aumentan y si se introducen cambios constantemente el Proyecto corre riesgo de no terminarse nunca.

### 2.4.3 EDT - Estructura de Desglose del Trabajo.

[PMI04] define a la EDT como una "descomposición jerárquica orientada a entregables, del trabajo que tiene que ser realizado por el equipo del Proyecto, para completar los Objetivos del Proyecto".

Los Entregables son "Los ítems individuales o servicios que son completados durante el desarrollo del Proyecto" [HallJohnson02]. Para [wikipedia] "Un Entregable es una entidad física que es creada a consecuencia del trabajo del Proyecto".

Para [PMI04] la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo) es una herramienta de planificación que permite subdividir el Alcance del Proyecto y los productos entregables en componentes mas pequeños y fáciles de manejar. Es una descomposición conceptual de los elementos de trabajo que constituyen y determinan el Proyecto y por lo tanto también especifica el Alcance del mismo. El primer elemento de la EDT es el "Proyecto", los niveles siguientes son el resultado de dividir el mismo en componentes que se puedan administrar. La EDT organiza y define el alcance total del Proyecto. La EDT subdivide el Proyecto en piezas de trabajo administrables y con cada nivel descendiente se aumenta la definición del trabajo del Proyecto. El trabajo planificado representado por los componentes en el nivel mas bajo de la EDT es llamado 'work packages'. Los 'work packages' se utilizan para armar el cronograma, para hacer la estimación de costos y para monitorear y controlar el Proyecto.

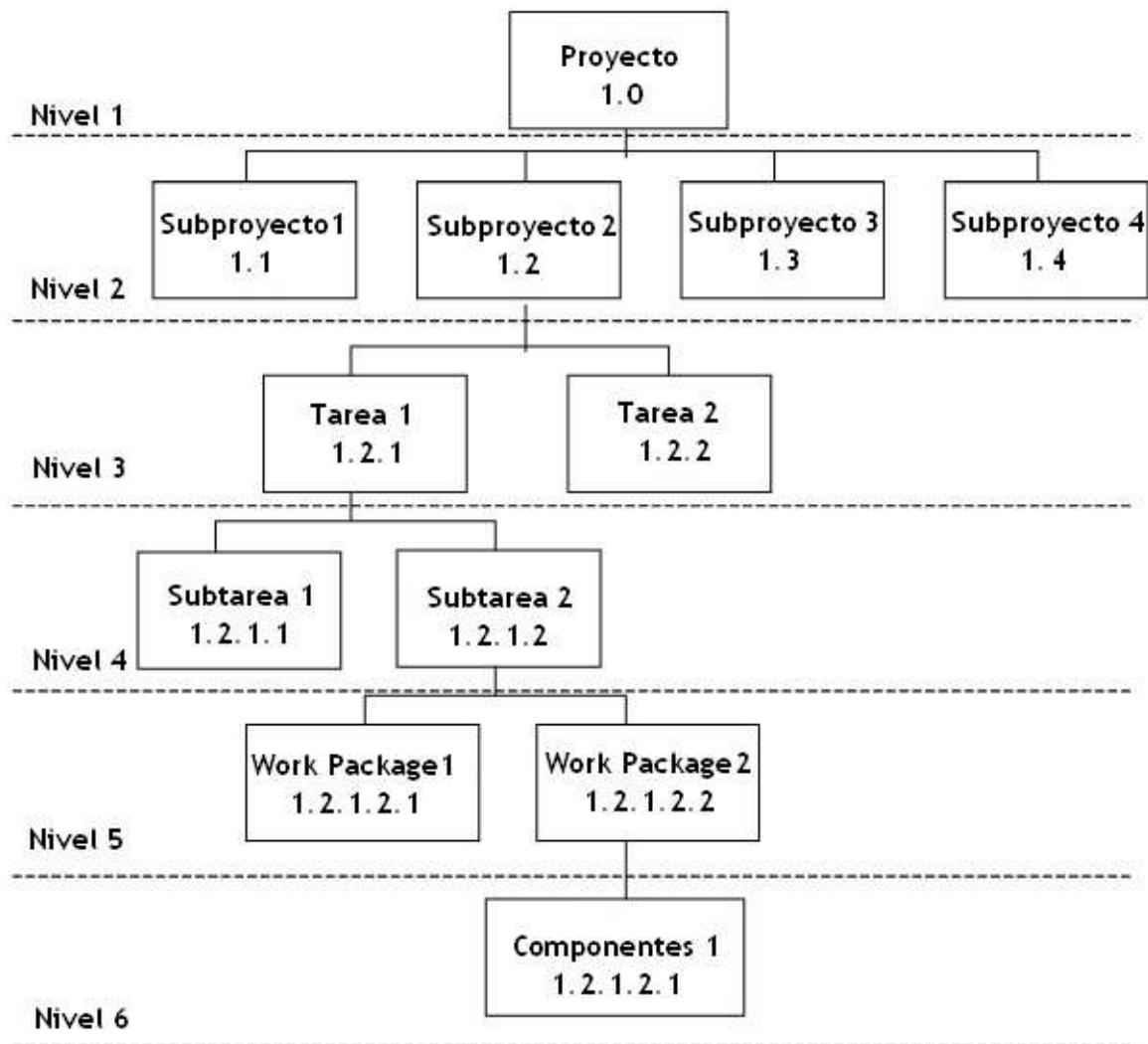
[wikipedia] define a la EDT como "Un árbol completo y jerárquico (desde lo general a lo específico), de los entregables y tareas que necesitan ser realizadas para completar el Proyecto". La EDT sirve como base para la planificación de Proyecto y tiene como objetivo identificar elementos terminales o **work packages** (los ítems reales que tienen que ser realizados en un Proyecto). [Verzuh05] propone las siguientes Reglas para la construcción de los work packages:

- Regla del 8/80: Ninguna tarea debería ser más pequeña que 8 horas de trabajo o más grande que 80.
- Regla de la frecuencia de reporte: Ninguna tarea debería ser más larga que la distancia entre dos reuniones de estado. Esto facilita el reporte mediante la utilización del Método 0-50-100 (0% avance si la tarea no comenzó; 50% avance si la tarea comenzó; 100% si la tarea finalizó).

Para [Taylor04] la EDT es un forma estructurada de descomponer un proyecto en varios componentes (software, hardware, red de comunicaciones, servicios, documentación, trabajo, pruebas, instalación, mantenimiento, etc.). Es decir, la EDT es una herramienta que permite desglosar el proyecto en niveles sucesivamente inferiores con mayor nivel de detalle.

A Continuación se muestra el formato Indentado y el formato Gráfico de la EDT que propone [Taylor04]:

<b>Número de EDT</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nivel de EDT</b>
1.0	Proyecto	1
1.1	Sub Proyecto	2
1.1.1	Tarea	3
1.1.1.1	Subtarea	4
1.1.1.1.1	Work Package	5
1.1.1.1.1.1	Componentes	6



Las tareas asociadas a la EDT y sus responsables se enumeran a continuación [Heldman03]:

<b>Responsable</b>	<b>Responsabilidad</b>
Administrador de Proyecto	Crear la EDT
Stakeholders (interesados)	Aprobar la EDT
Sponsors	Aprobar la EDT
Equipo de Proyecto	Revisar la EDT
Gerentes Funcionales	Revisar la EDT

### 2.4.2.1 Características de la EDT

Según [Wysocki03] al momento de la creación de la EDT cada "actividad" que la conforma tiene que cumplir con seis características para que pueda considerarse que la misma es completa y consistente. Estas características se detallan a continuación:

- **Facilidad para medir el avance.** El Administrador de Proyecto puede preguntar por el estado de una actividad en cualquier momento durante el Proyecto. Si la actividad fue definida correctamente esto se responde fácilmente. Una forma simple de hacer esto es definir la proporción de tareas completadas como un porcentaje respecto de todas las tareas que componen a la actividad. Por ejemplo, una actividad que tiene asociadas seis tareas y cuatro están completas, implica que el ratio de tareas completas es 4/6, lo que significa que la actividad esta a un 66% de avance. Esta métrica es una medida objetiva y rápida de calcular.
- **Tiene un comienzo y un final.** Cada actividad tiene que tener un principio y un final claramente definidos. El principio determina el inicio de la actividad y el final determina el entregable producto de la misma.
- **Su resultado es un entregable.** El resultado de completar el trabajo de una actividad genera un entregable. El entregable es un claro indicador de que la actividad fue completada.
- **Facilita la estimación de tiempo y costo.** Cada actividad tiene un tiempo y un costo asociados a su desarrollo. El nivel de desagregación de la actividad tiene que ser suficiente para facilitar estas estimaciones.
- **Duración es aceptable.** Es recomendable que una actividad no tenga mas de dos semanas calendario de duración.
- **Es independiente.** Cada actividad tiene que ser independiente. Esto determina que cuando una actividad comienza, puede continuar sin interrupciones y sin la necesidad de entradas o información adicionales hasta que la misma sea completada.

Algunos puntos que destacan [NewellGrashina04], [Verzuh05] y [PMI04] respecto a la EDT son:

- Se utiliza como "Línea Base del Alcance" en el Proyecto.
- Muestra un mapa completo del Proyecto.

- El componente mas pequeño de la EDT se denomina “Work Package”.
- La EDT es una representación gráfica del Proyecto simple y fácil de interpretar.
- Permite estimar tiempo y costos con precisión.
- Se utiliza como mecanismo para administrar y controlar cambios en el Alcance.
- La EDT se utiliza como entrada para los procesos de:
  - Estimación de Costos.
  - Planificación de Recursos.
  - Administración de Riesgos.
  - Administración de Tiempos.

#### **2.4.2.2 Uso que se le da a la EDT**

Algunos usos que identifican [NewellGrashina04], [PMI04], [Verzuh05] y [Wysocki03] respecto al uso de la EDT son:

- Identificar todo el trabajo a desarrollar en el Proyecto.
- Facilitar las estimaciones de costos, tiempos y recursos.
- Definir la Línea Base para la medición y el control del desempeño.
- Establecer la secuencia de tareas.
- Identificar los riesgos.
- Definir responsabilidades.
- Definir los entregables del Proyecto.
- Herramienta de Diseño.
- Herramienta de Planificación.

#### **2.4.2.3 Diccionario de la EDT**

Según indica [PMI04] el Diccionario de la EDT es el documento donde se describe la información relevante de cada elemento de trabajo. Algunos componentes del Diccionario de la EDT son:

- Descripción del elemento de trabajo.
- Productos entregables definidos.

- Lista de actividades asociadas.
- Responsable del elemento.
- Fechas de inicio y fin establecidas para el elemento.
- Recursos necesarios.
- Estimación del costo.
- Requerimientos de calidad.

Otros atributos que se pueden considerar en el Diccionario de la EDT son:

- Fechas de inicio y fin reales para el elemento.
- Estado.
- Prioridad.

## **2.4.4 Guiones e Historias de Usuario y Modelo CRC (Proyectos Extremos)**

### **2.4.4.1 Guiones e Historias de Usuario**

A diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional que hace uso de la EDT, la Administración de Proyectos Extrema hace uso de Guiones e Historias de Usuario. Los mismos son descripciones de como una persona podría usar el producto o servicio. Con este enfoque se asignan todos las actividades que están relacionados con una función específica a un subequipo para su investigación y desarrollo [Wysocki03].

En Administración de Proyectos Extrema los guiones son escritos por el sponsor o cliente, con la ayuda del analista o del equipo de Proyecto, y el formato de los mismos es semejante al guión de una mini-película (una historieta de no mas de una página). De los mismos surgen los Casos de Uso ("USE CASES") y las "CRC" (Clase, Responsabilidad, Colaborador) que escriben los analistas ayudados por los sponsors.

### **2.4.4.2 Modelo CRC – Clase, Responsabilidad, Colaborador**

Las Tarjetas CRC son una Metodología para el diseño de software Orientado a Objetos creada por Kent Beck y Ward Cunningham en 1989 [wikipediaCRC].

Las Tarjetas CRC se crean a partir de los guiones (que representan los requerimientos) que modelan el comportamiento del sistema. El formato de la Tarjeta puede ser personalizado a las preferencias del grupo de Proyecto, pero la información mínima requerida es: el Nombre de la Clase, las Responsabilidades y los Colaboradores [cscCRCCards].

Algunas Ventajas de la Utilización de Tarjetas CRC son [cscCRCCards]:

- Vocabulario Común para el Proyecto.
- Público Conocimiento del Dominio.
- Identificación de inconsistencias en los Requerimientos.

<b>Nombre de la Clase</b>	
<b>Responsabilidades</b>	<b>Colaboradores</b>

#### Ejemplo de Formato y Componentes de una Tarjeta CRC [agilemodelingCRC]

Una Clase representa un Conjunto de Objetos Similares. Un Objeto es una persona, un lugar, cosa, evento o concepto que es relevante para el sistema. Una Responsabilidad es cualquier cosa que la Clase conoce o hace. Las clases Colaboran entre sí solicitando información o solicitando la realización de una tarea, para cumplir con sus Responsabilidades [agilemodelingCRC].

Para crear las Tarjetas CRC se realiza una sesión de brainstorming (donde participan cinco o seis personas: desarrolladores, expertos en el dominio y un facilitador de la tecnología Orientada a Objetos). El primer paso es identificar las clases en el dominio del problema. Una forma útil es encontrar todos los sustantivos y todos los verbos en el enunciado del problema. Los sustantivos permiten identificar las clases y los verbos las responsabilidades. Una vez que se identificaron las clases y las responsabilidades se asignan los colaboradores [cscCRCCards].

## 2.4.5 Verificación del Alcance

Para [MartinTate01] el "Customer Acceptance Criteria (CAC) son los criterios que el cliente usará para evaluar la satisfacción con el entregable final que genera el Proyecto" y "la mejor forma para definir el Customer Acceptance Criteria (CAC) es mediante la realización de entrevistas con el cliente".



Criterios de Aceptación del Cliente (CAC) [MartinTate01]

Según el [PMI04] el proceso de Verificación del Alcance tiene por objetivo formalizar la aprobación de los productos entregables por parte de los interesados. Para hacer la Verificación del Alcance el Administrador de Proyecto, el equipo de Proyecto y el cliente / usuario, utilizan la EDT porque facilita la visualización del trabajo identificado y definido para el Proyecto y permite determinar mediante inspección si el mismo ha sido completado para obtener todos los componentes del entregable.

Para [Wysocki03] a diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional, en la Administración de Proyectos Extrema la Verificación de los Objetivos (teniendo en cuenta que los mismos son cambiantes) debe realizarse mediante un proceso de

brainstorming entre el cliente y el equipo de Proyecto. Los Guiones o Historias de Usuario deben tener en algún punto una o varias pruebas de aceptación permitiendo realizar la Verificación y responder a preguntas como:

- ¿Qué aprendimos?
- ¿Qué podemos hacer para lograr el objetivo?
- ¿Qué nuevas ideas surgieron y deben revisarse?
- ¿Se han encontrado hasta ahora los resultados con sus expectativas?
- ¿Se mueve el Proyecto hacia una solución aceptable?

#### **2.4.6 Control del Cambio de Alcance**

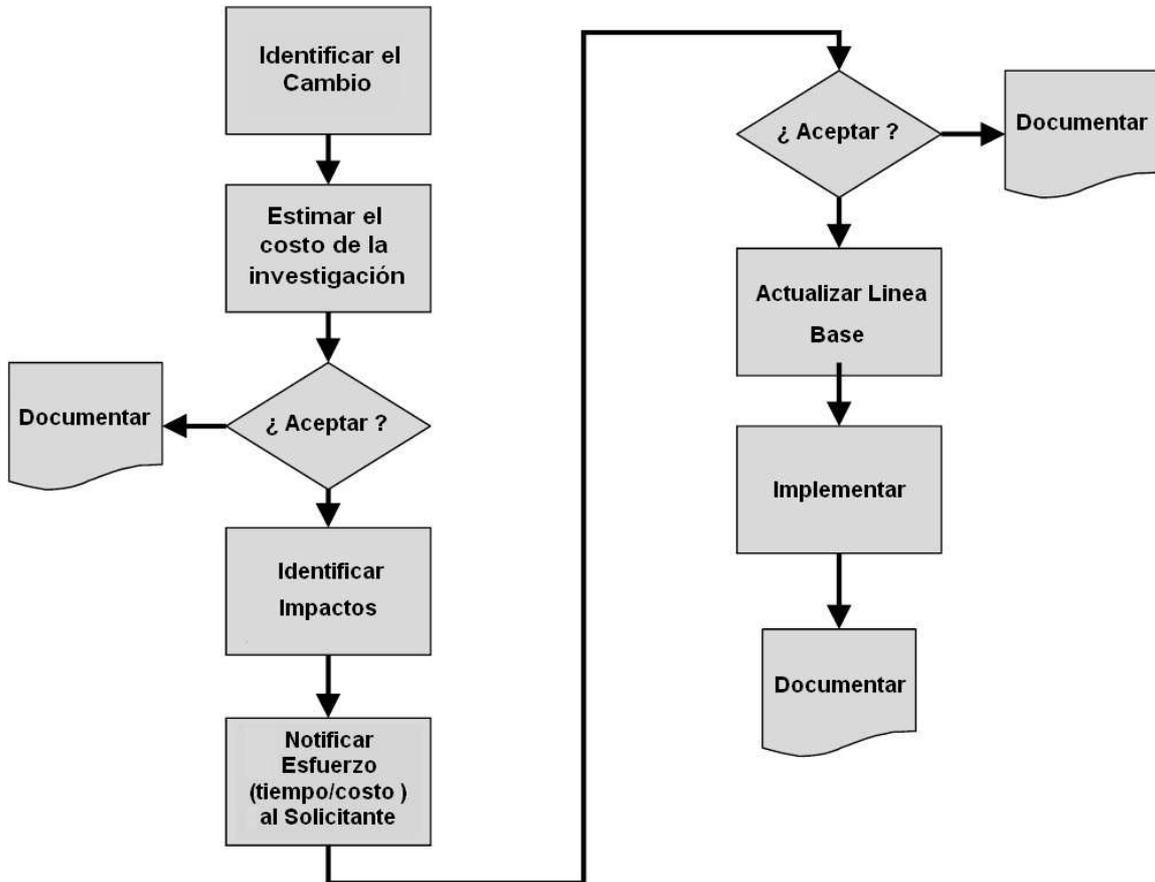
A medida que el Proyecto avanza se producen cambios en los requerimientos. El Control de Cambio es un proceso formal usado para asegurar que los productos o servicios sólo son modificados si los cambios son evaluados y aprobados.

Para [Charvat03] Un Proceso de Administración de Cambios debe controlar los cambios en el Proyecto que afectan los productos o servicios que están siendo desarrollados por el equipo de Proyecto. El Proceso de Administración de Cambios identifica, evalúa y aprueba esos antes de implementarlos. Se destacan cinco pasos para el Proceso de Administración de Cambios [Charvat03]:

1. Recepción de la solicitud de cambio.
2. Revisión y documentación del cambio solicitado.
3. Análisis de Factibilidad del cambio solicitado.
4. Aprobación del cambio solicitado.
5. Implementación.

Para [NewellGrashina04] los cambios en el Alcance del Proyecto son inevitables, por lo tanto es necesario determinar un procedimiento donde los cambios en el Alcance puedan ser administrados de forma exitosa sin generar daños graves. A este procedimiento se denomina Control del Cambio de Alcance. El proceso de Control del Cambio de Alcance tiene por objetivo controlar los desvíos y cambios en el "Alcance del Proyecto", tomando como referencia la "Línea Base" generada en el proceso de "Definición de Alcance". Una de las cosas que se necesitan para poder controlar los cambios en el Alcance es una clara definición de los entregables. Si los entregables no están claros al momento de definir la "Línea Base del Alcance" es muy difícil identificar cuando es una solicitud de cambio y cuando es un Requerimiento propio definido en el Alcance. La "Línea Base del Alcance" permite tener visibilidad de todos los cambios de Alcance en el Proyecto desde que se inicio el mismo y poder registrar todas las solicitudes de cambio, las aprobaciones y los rechazos.

### 2.4.6.1 Proceso de Administración de Cambios



Proceso de Administración de Cambios [NewellGrashina04]

### 2.4.6.2 Consideraciones del Control del Cambio de Alcance

[PMI04] Plantea algunas consideraciones al momento de realizar el Control del Cambio del Alcance:

- **Usar la EDT.** La misma representa la "Línea Base del Alcance" y se utiliza como entrada para el procedimiento de control de cambios en el Alcance. La solicitud de cambio puede requerir componentes adicionales en los entregables, cambios en los atributos del producto o cambios en los procedimientos para crear el producto. La EDT es utilizada para determinar que "work packages" se ven

afectados, cuales van a ser agregados o cuales van a ser eliminados en función del cambio solicitado.

- **Planificación Iterativa.** Cuando se presenta una solicitud de cambio el Administrador de Proyecto y el equipo de Proyecto necesitan revisar la planificación. El cambio puede requerir análisis de impacto, de riesgos y de soluciones alternativas que implican cambios en la planificación.
- **Actualizar el Alcance del Proyecto.** Cuando el cambio en el Alcance del Proyecto es aprobado, se debe actualizar el Alcance para que refleje la modificación. Los stakeholders (interesados) afectados por el cambio de Alcance deben ser notificados. La EDT tiene que ser actualizada para que refleje los componentes agregados, modificados o eliminados.
- **Acciones Correctivas vs. Cambio de Alcance.** Las acciones correctivas se encargan de alinear el Proyecto con el Plan previamente trazado (corrección de errores detectados en los entregables, problemas de calidad o de performance). Los Cambios de Alcance son el resultado de errores u omisiones en la especificación del producto o servicio.
- **Lecciones Aprendidas.** El Administrador de Proyecto tiene que documentar las razones que originaron y determinaron que el cambio se lleve a cabo, las acciones correctivas implementadas, los componentes agregados, modificados o eliminados del Alcance.
- **Ajustar la "Línea Base del Alcance".** Cuando el cambio es implementado, el Administrador de Proyecto tiene que actualizar la "Línea Base del Alcance". El cambio puede afectar los tiempos, el costo, el cronograma y el Alcance. La nueva "Línea Base del Alcance" se utiliza como punto de referencia para continuar el desarrollo del Proyecto.

Para [Wysocki03] a diferencia de la Administración de Proyectos Tradicional, en Administración de Proyectos Extrema, en función del resultado de la Verificación de los Objetivos se realizan una serie de preguntas para determinar los pasos a seguir:

- ¿Deben quitarse ítems de algunos entregables?
- ¿Deben agregarse nuevos ítems a los entregables?
- ¿Cómo se afecta a la funcionalidad con los cambios introducidos?

Las respuestas a estas preguntas permiten que el cliente y el equipo de Proyecto asignen prioridades a los nuevos requerimientos. Una vez que finalizado el control es necesario actualizar el Enunciado de Visión del Proyecto (POS) para reflejar los cambios.

## Capítulo 3

### 3 Gestión del Riesgo del Proyecto

*"Si algo puede salir mal, saldrá mal" - Ley de Murphy*

#### 3.1 Introducción

El cumplimiento de los objetivos en ambientes complejos requiere de una efectiva Administración de Riesgos [Alberts06]. Para [Tinnirello01] la Administración de Riesgos se utiliza como un sistema de advertencia sobre problemas que tienen que ser tratados. Los riesgos pueden ser identificados antes de que el proyecto comience o durante el curso del mismo. Una vez identificados pueden ser priorizados.

La Administración de Riesgo implica la aplicación sistemática de procesos y procedimientos a las tareas del proyecto, para la identificación, el análisis, la evaluación, el tratamiento y el monitoreo del riesgo [Cooper05].

La Administración de Riesgos se puede aplicar a cualquier Proyecto complejo y a cualquier proceso. Y en lo que se refiere a Proyectos de Sistemas:

- Las compañías de desarrollo de software están expuestas a riesgos que conducen a pérdidas económicas y competitivas. La Administración de Riesgo tiene por objetivo reducir al mínimo las pérdidas en proyectos de desarrollo de software [DipakSurie].
- Según [HigueraHaimés96] el objetivo de la Administración de Riesgos es poder identificar con la mayor anticipación posible los riesgos asociados a la adquisición, desarrollo e integración de software de forma que puedan implementarse de forma eficiente estrategias de mitigación.
- Para los proyectos de tecnología de la información la administración de riesgos es crucial para obtener el éxito. Las presiones de la competencia, los cambios normativos y la evolución de las técnicas pueden obligar a los equipos de proyectos a alterar los planes y estrategias en mitad de un proyecto. Los cambios en los requerimientos de los usuarios, las nuevas herramientas, tecnologías innovadora y las constantes amenazas de seguridad perjudican la toma de decisiones [Microsoft02].

### 3.2 Riesgo del Proyecto

[Charvat03] define a los riesgos como "aquellos acontecimientos del proyecto que tienen gran probabilidad de afectar de forma negativa la capacidad de producir los entregables requeridos."

Según [Heldman03] "un riesgo es un acontecimiento que plantea una amenaza potencial o una oportunidad potencial ". Plantea que el riesgo del proyecto es mayor al principio del mismo y que disminuye cuando el proyecto se acerca a su finalización (el riesgo disminuye si el desarrollo es exitoso y no hay fallas, en caso contrario el riesgo aumenta).

Para [HigueraHaimés96] el riesgo es una medida de la probabilidad y la severidad de efectos adversos. El riesgo del software es una medida de la probabilidad y la severidad de efectos adversos inherentes en el desarrollo de software que no permiten alcanzar la funcionalidad y rendimiento requerido.

Según [NewellGrashina04] el riesgo es una posible ocurrencia inesperada. Puede ser positivo o negativo. Estos riesgos pueden ser de dos tipos, riesgos conocidos y riesgos desconocidos. Los riesgos conocidos son aquellos que podemos identificar y los riesgos desconocidos son aquellos que no pueden ser anticipados en su totalidad.

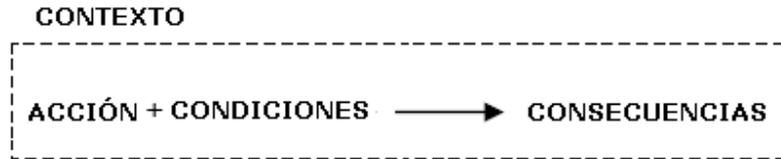
[Taylor04] y [Kerzner01] enumeran tres factores que componen al riesgo del Proyecto:

- El evento.
- La probabilidad de ocurrencia del evento.
- El impacto en el proyecto si el evento realmente ocurre.

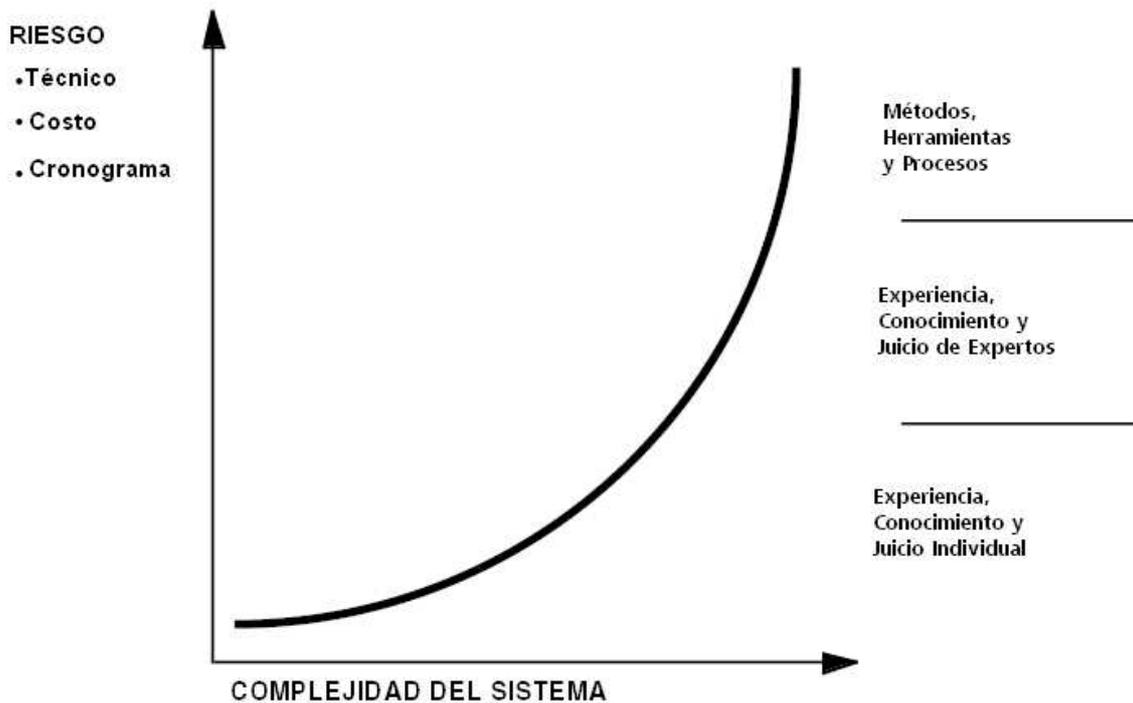
[Charvat02] enumera algunos factores que introducen riesgos al Proyecto:

- Secuenciamiento incorrecto de las actividades (EDT incorrecta).
- Desarrollo incorrecto de las actividades del proyecto debido a recursos que no están disponibles.
- Requerimientos Cambiantes.
- Estimaciones incorrectas o poco realistas de la duración de las actividades.

Para [Alberts06] el Riesgo esta compuesto por cuatro elementos:



El contexto es el ambiente en el cual el riesgo está siendo visualizado. La acción es el suceso que provoca el riesgo (todas las formas del riesgo son provocadas por una acción, sin la acción no hay ninguna posibilidad de riesgo). Las condiciones constituyen el elemento pasivo del riesgo. Éstas combinadas con una acción específica, determinan el elemento final del riesgo: las consecuencias.



Relación: Riesgo - Complejidad del Sistema [HigueraHaimés96]

### 3.2.1 Tipos, Categorías y Fuentes de Riesgo

[Thomsett02] plantea que en la realización de proyectos, hay dos consideraciones de riesgo diferentes pero completamente relacionadas:

- Riesgo de Proyecto: los factores inherentes a un proyecto que puede hacer que falle.
- Riesgos Comerciales: la exposición de la organización si se produce que el proyecto falla.

[Cooper05] también destaca los Riesgos Comerciales y los Riesgo de Proyecto, al igual que [Thomsett02] incorporando los Riesgos de Operación y Proceso:

- Riesgos Comerciales: son Riesgos que podrían tener impacto en la viabilidad de la Organización, incluso en el mercado, en la industria, en la tecnología, en factores económicos y financieros.
- Riesgo de Proyecto: incluye todos los Riesgos que podrían tener impacto en el costo, en el cronograma o en la calidad del proyecto.
- Riesgos de Operación y Proceso: Riesgos que pueden tener impacto en el diseño, en la construcción y en las actividades de mantenimiento

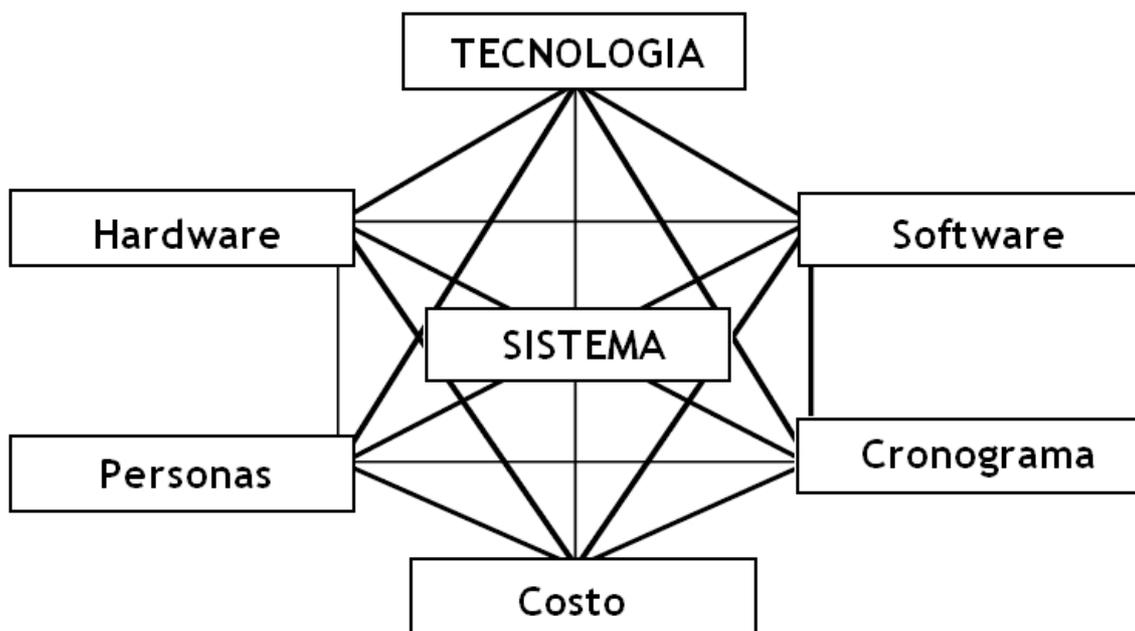
[Taylor04] se refiere a los "Riesgos Comerciales", como riesgos que proporcionan una oportunidad de ganancia así también como de pérdida. Y por otra parte, se refiere a los "Riesgos Puros o Asegurables" como los riesgos que sólo ofrecen oportunidades de pérdida.

El [PMI04] por su parte clasifica a los Riesgos en cuatro Categorías:

- Riesgos Técnicos: Están relacionados con el uso en el Proyecto de tecnología nueva o muy compleja. Los cambios de tecnología durante la implementación del proyecto también son un riesgo.
- Riesgos de Administración del Proyecto: Fallas en la administración del Proyecto determinadas por la incorrecta administración del tiempo, costo, alcance, calidad, etc.

- **Riesgos de la Organización:** El comportamiento de la Organización incorpora riesgos al proyecto cuando determina una incorrecta asignación de tiempo y costo; cuando se tiene expectativas irrealistas de alcance; cuando realizan una incorrecta priorización de proyectos; al prestar una inadecuada financiación; al determinar competencias por recursos asignados a otros proyectos.
- **Riesgos Externos:** Este tipo de riesgos está fuera del proyecto pero lo afecta directamente. En esta categoría se encuentran las restricciones legales, restricciones laborales, cambio en la prioridad del proyecto, etc.

Según [HigueraHaimés96] en el desarrollo de sistemas existen áreas que son fuentes potenciales de riesgos. Estas áreas son: Tecnología, Hardware, Software, Personas, Costo y Cronograma.



Áreas fuentes de Riesgo [HigueraHaimés96]

Para [MartínTate01] las tres principales fuentes de Riesgos de Proyecto son:

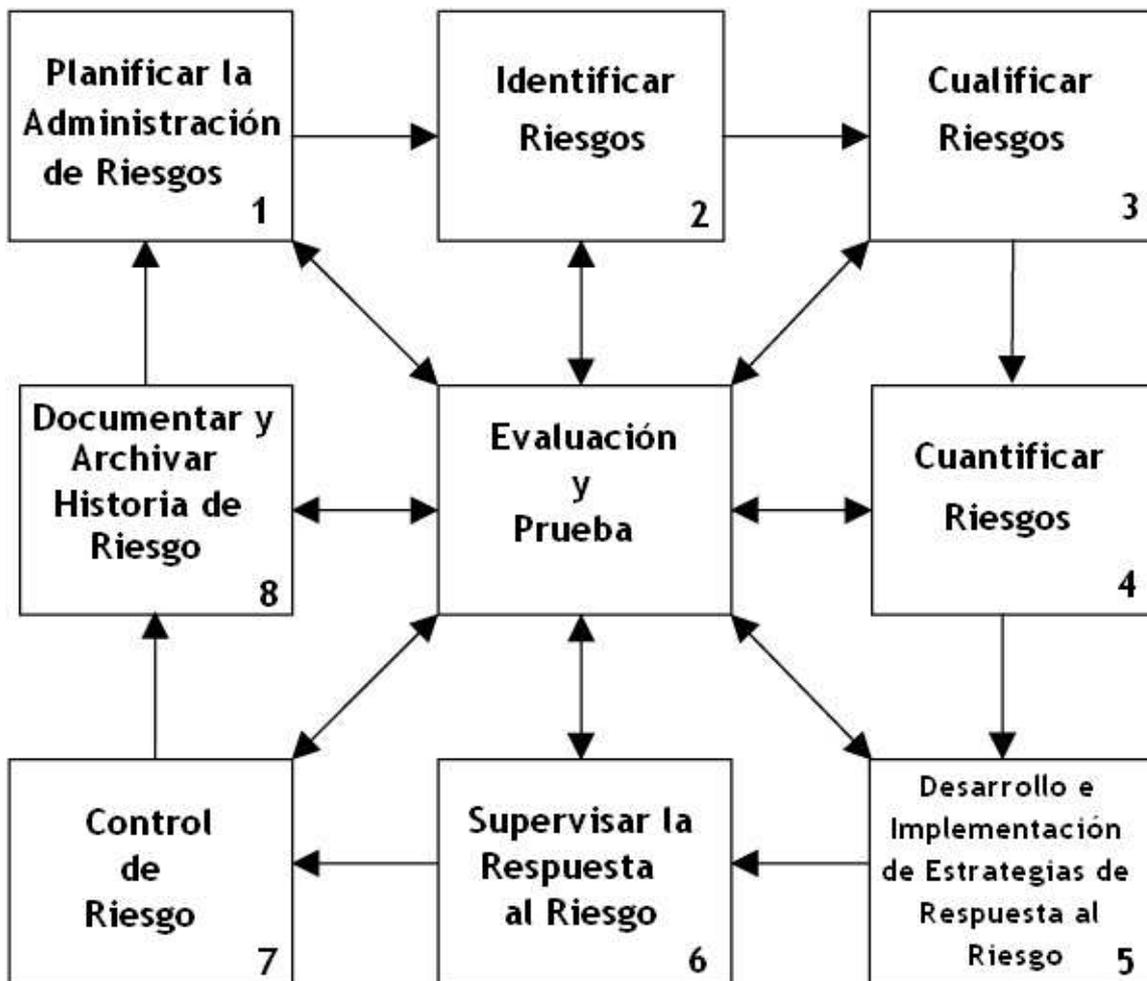
- **Riesgos de Alcance:** a los que se refiere como la incapacidad de encontrar los criterios de aceptación por parte del Cliente, estos riesgos también son conocidos como riesgos técnicos.

- Riesgos de Cronograma: a los que se refiere como la incapacidad de encontrar las fechas límites, en particular la fecha límite para entregable final.
- Riesgos de Costo: relacionados con la posibilidad de exceder el límite de gastos.

### 3.3 Planificar y Administrar los Riesgos del Proyecto

Según [Kerzner01] el proceso de Administración de Riesgos implica la identificación, la cuantificación y la respuesta a los riesgos del Proyecto sin impactos importantes en los objetivos del mismo.

Para [Cooper05] la Administración de Riesgos, se refiere a la cultura, los procesos y estructuras que tienen por objetivo la administración eficaz de oportunidades potenciales y efectos adversos. La Administración de Riesgo implica la aplicación sistemática de procesos y procedimientos a las tareas del proyecto, para la identificación, el análisis, la evaluación, el tratamiento y el monitoreo del riesgo.



Modelo de Administración de Riesgo [Taylor04]

Para [Heldman03] la Administración de Riesgos es una actividad que debe realizarse durante todo el ciclo de vida del proyecto. Una correcta Administración de Riesgos permite que el proyecto finalice de forma exitosa porque se realiza una planificación que permite anticiparse a las amenazas antes de que se presenten y también permite identificar oportunidades. Entre sus ventajas se encuentran [Heldman03]:

- Ayudar a identificar riesgos potenciales permitiendo desarrollar una planificación que determina la reducción o evasión del impacto.
- Ayudar a identificar oportunidades.
- Reducir el re-trabajo y mantener el proyecto dentro del presupuesto.
- Realizar acciones proactivas en lugar de acciones reactivas incrementando la credibilidad y reputación de los miembros del proyecto.
- Aumentar la probabilidad de que el proyecto finalice de forma exitosa.

El plan de administración de riesgos es único para cada proyecto. El mismo determina, como se identificarán, como se cuantificarán, como se responderá y como se controlarán los riesgos del proyecto [NewellGrashina04]:

- **Identificación de los Riesgos.** Es el proceso de identificar las amenazas y las oportunidades que podrían ocurrir durante todo el ciclo de vida del proyecto. Los riesgos deben ser considerados teniendo en cuenta la vida útil del producto o servicio para el cual fue implementado.
- **Cuantificación de Riesgos.** Es el proceso de evaluar el riesgo como una amenaza u oportunidad. Se evalúa la probabilidad de riesgo y el impacto del mismo. La combinación de probabilidad e impacto se denomina severidad.
- **Respuesta a los Riesgos.** Determina como respondemos a los riesgos. Esto incluye ignorar el riesgo, permitir que suceda y afrontar las consecuencias o hacer algo antes de que suceda.
- **Control de los Riesgos.** Implica registrar los riesgos que ocurrieron, y verificar cambios en la probabilidad o impacto de los riesgos que todavía no sucedieron.



Paradigma de Administración de Riesgos SEI  
"Software Engineering Institute" [sei-risk]

Para [Cooper05] el proceso de administración se compone de los siguientes subprocesos:

- **Identificación de riesgo.** Es el proceso que determina que cosas pueden suceder, como pueden suceder y por qué pueden suceder.
- **Análisis de riesgo.** Es el proceso que determina con que frecuencia los acontecimientos especificados pueden ocurrir y la magnitud de sus consecuencias. Por su parte [HallJohnson02] plantea que el Análisis de Riesgo es usado para determinar la incertidumbre del proyecto analizando tarea por tarea y para poder determinar planes de contingencia.
- **Evaluación de riesgo.** Es el proceso que determina si el riesgo es tolerable o no, e identifica los riesgos que deberían ser clasificados con la prioridad más alta para su tratamiento.
- **Tratamiento de riesgo.** Es el proceso que establece y pone en práctica respuestas para tratar los riesgos.

### 3.3.1 Identificación de Riesgos

La identificación de riesgos determina los eventos que pueden suceder y como pueden suceder, y que de producirse van a afectar los objetivos del proyecto. El proceso de identificación de riesgo debe ser completo, los riesgos que no han sido identificados no pueden ser analizados y su aparición puede amenazar el éxito del proyecto. El resultado del proceso de identificación de riesgos es una lista completa de riesgos posibles y el responsable asignado a ellos [Cooper05].

Durante la fase de identificación de riesgos, los riesgos se identifican y ponen al descubierto para que todo el equipo sea consciente de que existe un problema en potencia. La identificación de riesgos debe realizarse lo antes posible y repetirse con frecuencia a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto porque aporta información al proceso de administración de riesgos. Para los proyectos de desarrollo de software y de implementación, la clasificación de los riesgos durante la fase de identificación ayuda a elaborar un enfoque coherente, reproducible y medible [Microsoft02]. Respecto a que la identificación de riesgos debe realizarse lo antes posible, LAO TSE, hace 2600 años, escribió en su poema LXIV, "Lo que no ha aparecido aún, es fácil de prevenir; Lo que aún es débil es fácil de dispersar" [Blanqué05].

Causa raíz	Estado	Consecuencia	Efecto de la causa
Personal inadecuado	Las funciones de desarrollo y prueba se han combinado	Es posible que el producto se comercialice con más defectos	Insatisfacción del cliente
Tecnología nueva	Nuestro desarrolladores están trabajando con un lenguaje de programación nuevo	Mayor tiempo de desarrollo	Nuestros productos se comercializan tarde y perdemos cuota de mercado
Organización	El equipo de desarrollo está repartido entre Londres y Los Ángeles	La comunicación entre el equipo será difícil	Retrasos en la comercialización del producto con retoques adicionales

Ejemplo de lista de identificación de riesgos [Microsoft02]

Según [NewellGrashina04] lo primero que se debe hacer en la identificación de riesgos es reconocer las áreas del proyecto donde los riesgos pueden ocurrir. Generalmente estas áreas son:

- **Alcance.** El alcance del proyecto debe estar claramente definido con la correspondiente descripción de los entregables y el trabajo que debe realizarse para poder obtenerlos. Los errores y omisiones por parte del equipo y de los stakeholders (interesados) deben minimizarse. La EDT ayuda a realizar esta tarea de identificación.
- **Tiempo.** La estimación de la duración del proyecto y de la duración de las actividades que lo componen deben ser realizadas con precisión. Las secuencias y las interrelaciones entre actividades se deben definir con claridad. Según [Berkun05] los cronogramas muy grandes deben ser divididos en cronogramas más chicos para minimizar riesgos.
- **Costo.** Todos los costos asociados a las actividades del proyecto deben ser considerados.
- **Recursos.** Involucra cantidad, calidad y disponibilidad de los recursos necesarios para el proyecto. Deben definirse los skills y los roles que se van a necesitar.
- **Expectativas de los Clientes.** Incluye la funcionalidad y calidad esperadas por parte del producto o servicio resultado de la implementación del proyecto.

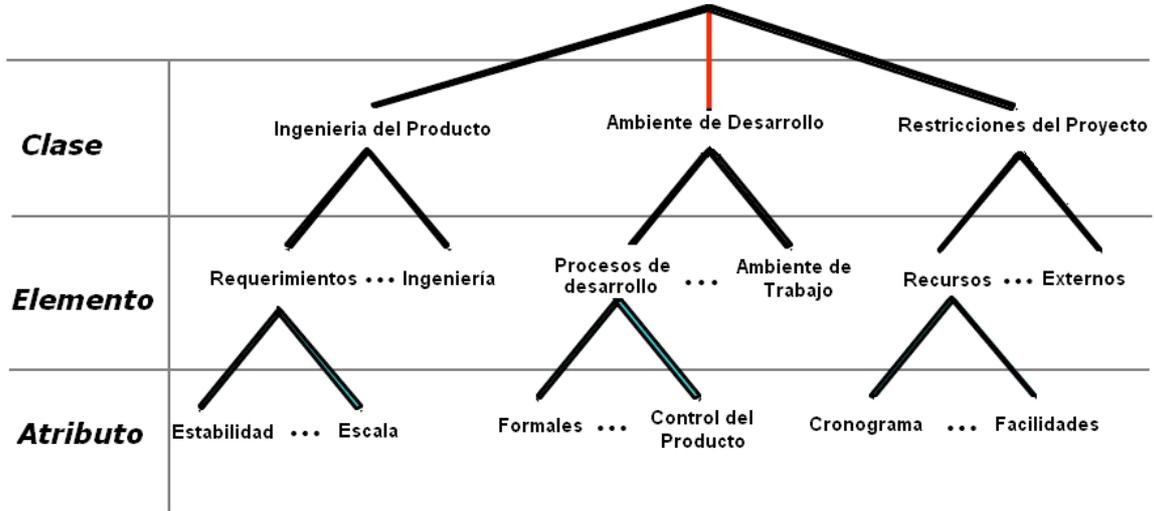
Para [Phillips04] el Administrador de Proyecto y los miembros del equipo son los responsables de determinar los riesgos del proyecto. La EDT permite al Administrador de Proyecto y al equipo identificar los componentes del proyecto y que riesgos pueden afectar a un área particular y cuáles riesgos son compartidos.

[Carr93] Hace referencia a la Taxonomía para la identificación de Riesgos de desarrollo de software. La Taxonomía proporciona un marco para organizar y estudiar el alcance de los riesgos en el desarrollo de software. La taxonomía del software es organizada en tres clases principales:

- Ingeniería de producto: Los aspectos técnicos del trabajo a ser realizado.
- Ambiente de desarrollo: Los métodos, procedimientos e instrumentos usados para realizar el producto.
- Restricciones: Los factores contractuales, organizativos, y operacionales dentro de los cuales el software es desarrollado.

Estas clases taxonómicas son divididas en elementos y cada elemento es caracterizado por sus atributos.

## Riesgos en el Desarrollo de Software



Taxonomía - Identificación de Riesgos de Desarrollo de Software [Carr93]

### **3.3.1.1 Técnicas de Identificación de Riesgos**

#### **3.3.1.1.1 Tormenta de Ideas "Brainstorming"**

La Tormenta de ideas o brainstorming es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. Esta herramienta fue creada en el año 1941 por Alex Osborne [wikipediaTDI]

La técnica de brainstorming permite identificar un gran número de riesgos en un período relativamente corto de tiempo [Taylor04].

Para [Cooper05] varias técnicas pueden ser usadas para la identificación de riesgos, pero el brainstorming es un método preferido debido a su flexibilidad y capacidad para generar una variedad amplia y diversa de riesgos. El objetivo de la sesión de brainstorming es cubrir todos los riesgos potenciales, sin hacer juicios sobre su importancia en las etapas iniciales. Todos los miembros del equipo de proyecto deben asistir a la sesión de brainstorming.

Según [MartinTate01] la etapa de identificación de riesgos comienza con el brainstorming. Por su parte [Phillips04] plantea que el Brainstorming es la técnica de identificación de riesgos más utilizada. Puede incluir expertos, miembros del equipo, usuarios interesados que conocen el proyecto y que puedan contribuir en el proceso de identificación de riesgos. Los riesgos se identifican y luego se detallan sus características. Los riesgos identificados son clasificados y posteriormente se realiza un análisis de riesgo cualitativo y un análisis de riesgo cuantitativo.

Para [Heldman03] es un método para descubrir eventos de riesgo, alternativas, requerimientos u otra información de proyecto con el grupo de gente que tiene el conocimiento del proyecto, del producto o del proceso usados durante el mismo. El beneficio de este método es que se logra comprometer a todos los participantes. Todos los stakeholders (interesados) tienen que poder opinar y dar a conocer sus puntos de vista. Es importante buscar consenso, principalmente cuando llega el momento de asignar prioridades a los distintos riesgos.

Para [NewellGrashina04] el problema principal que presenta el brainstorming es que necesita realizarse a través de un moderador experimentado para que la sesión sea productiva y puedan identificarse la mayor cantidad posible de riesgos.

Pasos del Proceso de Tormenta de Ideas según [Verzuh05]:

- Generar una lista de riesgos potenciales sin evaluarlos.
- Una vez que la lista de riesgos potenciales fue generada, es necesario combinar riesgos similares evaluando la magnitud y probabilidad. Los riesgos que tienen poca posibilidad de afectar el proyecto pueden ser descartados.

Pasos del Proceso de Tormenta de Ideas según [wikipediaTDI]:

- Reunir al grupo.
- Dividir al grupo, en subgrupos mas pequeños de no mas de 7 personas. Una medida practica es dividir la cantidad de personas totales sobre la cantidad de personas ideal a constituir un grupo, y como resultado tendremos la cantidad de subgrupos a tener.
- Cada grupo deberá elegir un moderador, esta persona tendrá la responsabilidad de anotar en un pizarrón, PC, etc., las ideas de cada uno de los integrantes del grupo. Este moderador no podrá realizar análisis o criticas sobre las ideas de los integrantes del grupo, y será también el encargado de asegurar que se apliquen las reglas de participación.
- Se explica a todos los grupos la razón por la cual están reunidos y se anota un pizarrón la consigna a tratar con la técnica.
- Se realizan turnos consecutivos, en donde cada una de las personas integrantes, podrá decir una sola idea y de la manera mas concisa posible.
- Una vez terminadas las ideas o terminada la sesión de Tormenta de Ideas (no mas de 30 minutos), se buscan ideas repetidas y se simplifican.
- Se presentan las ideas de los demás grupos y luego se simplifican eliminando repeticiones.

Al final los responsables de los sub-grupos se juntan en una sesión de brainstorming para unificar las sesiones en una que actúa como suma-resumen.

### **3.3.1.1.2 Entrevista con Expertos**

La técnica de entrevistar expertos durante el proyecto tiene por objetivo identificar riesgos basándose en la experiencia de los entrevistados en otros proyectos similares. Para [Verzuh05] la entrevista sobre riesgos del proyecto se realiza cuando es necesario un acercamiento más estructurado que el brainstorming. Se puede utilizar un cuestionario con preguntas específicas con el objetivo de estimular a la persona entrevistada para pensar en todos los aspectos del proyecto que pueden presentar riesgos. [NewellGrashina04] plantea que es importante desarrollar un buen cuestionario con la lista de preguntas a realizarle al experto para que la entrevista sea efectiva.

[GomezJurista97] distingue dos tipos de entrevistas a expertos:

- Entrevista Abierta: el entrevistador plantea, mas o menos espontáneamente preguntas al experto. La principal ventaja es que, de una manera muy simple, se genera rápidamente una gran cantidad de conocimientos. Tiene como inconveniente que es muy consumidora de tiempo.
- Entrevista Estructurada: el entrevistador, una vez marcado el tema y la profundidad con la que se desea tratarlo, planifica todas las preguntas que debe plantear al experto durante la sesión. Debe formular y agrupar las cuestiones lógicamente.

Según [Phillips04] los responsables de identificar los riesgos comparten objetivos en el proyecto y utilizan a la EDT como herramienta de soporte durante las entrevistas para tener un entendimiento común del análisis a realizar.

### 3.3.1.1.3 Método Delphi

El método Delphi fue diseñado en el año 1963 por Norman Dalkey y Olaf Hermes. El método fue creado con el objetivo de establecer el consenso de expertos con respecto al acontecimiento de un hecho en el futuro. Fue diseñado para obtener un debate independiente de las personalidades. Requirió de anonimato, en el sentido que nadie supiese quien era el resto que estaba participando. El método Delphi procede por medio de la interrogación de expertos con el soporte de cuestionarios sucesivos, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones. La evaluación de los cuestionarios se realiza de modo tal, que sus resultados puedan incorporarse como información, adicional a las preguntas de los cuestionarios siguientes (retroalimentación) [Trujillo04].

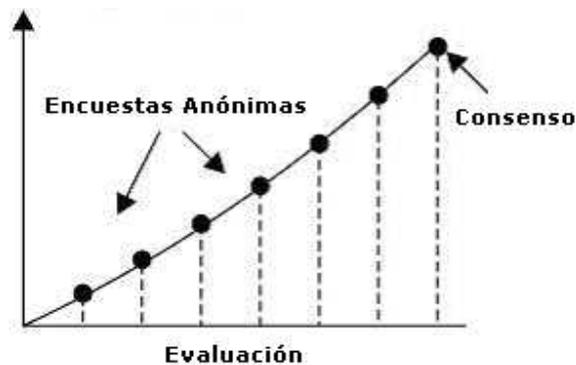
El método Delphi está compuesto de cuatro fases [Trujillo04]:

- La primera fase se caracteriza por la exploración del tema en discusión. Cada individuo contribuye con la información adicional que considera pertinente.
- La segunda fase comprende el proceso en el cual el grupo logra una comprensión del tema. Salen a la luz los acuerdos y desacuerdos que existen entre los participantes con respecto al tema.
- La tercera fase explora los desacuerdos, se extraen las razones de las diferencias y se hace una evaluación de ellas.
- La cuarta fase es la evaluación final. Esto ocurre cuando toda la información previamente reunida ha sido analizada y los resultados obtenidos han sido enviados como retroalimentación para nuevas consideraciones.

Según [Phillips04] el Método Delphi es un método anónimo que pregunta a expertos sobre riesgos previsible dentro de un proyecto. Los resultados de la revisión son analizados, organizados y luego enviados a los expertos. La Técnica Delphi es completamente anónima y el objetivo es ganar el consenso respecto a ciertos riesgos del proyecto. La naturaleza anónima del proceso asegura que nadie influye en la opinión del otro participante.

Para [Heldman03] el método Delphi es una técnica anónima que consulta a expertos sobre la probabilidad de determinados riesgos en un proyecto o fase con el objetivo de lograr consenso. Se utiliza un cuestionario para identificar los riesgos potenciales. Este cuestionario pregunta a los participantes sobre ciertos riesgos asociados al proyecto y

se les solicita que los pongan en un ranking en función del impacto que ellos piensan que puede tener cada uno de los mismos en el proyecto. Los participantes que completan el cuestionario no se encuentran juntos evitando la influencia de los demás, permitiendo que cada uno declare lo que realmente piensa. El facilitador recibe las respuestas de los participantes y las consolida en una lista que es enviada a cada participante. Los participantes revisan las respuestas y agregan comentarios. Esta circulación de las listas sigue hasta que ningún participante tiene comentarios [NewellGrashina04]



Método Delphi [Phillips04]

Para [Astigarraga] el método Delphi es un procedimiento simple, fácilmente aplicable en el marco de una consulta a expertos. Puede utilizarse indistintamente tanto en el campo de la tecnología, de la gestión y de la economía como en el de las ciencias sociales. Algunos problemas que limitan el alcance del método son: demanda demasiado tiempo y es mas intuitivo que racional.

### 3.3.1.1.4 Análisis FODA

El Análisis FODA es un instrumento de planificación estratégico usado para evaluar las Fuerzas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas implicadas en un proyecto, en una Organización o en cualquier otra situación que requiere una decisión. El Análisis FODA se acredita a Albert Humphrey que condujo un proyecto de investigación en la Universidad de Stanford en la década de 1960 y la década de 1970 [wikipediaSWOT].

<b>Fortalezas:</b> F1 F2 ... Fn	<b>Debilidades:</b> D1 D2 ... Dr
<b>Oportunidades:</b> O1 O2 ... Os	<b>Amenazas:</b> A1 A2 ... As

Matriz de Análisis FODA [IPN02]

Para [Phillips04] el análisis FODA es una técnica que permite examinar las características del proyecto desde diferentes puntos de vista:

- FORTALEZAS: puntos fuertes que nos permiten iniciar el proyecto con ventajas.
- OPORTUNIDADES: logros que la realización del proyecto de forma exitosa nos permitirá alcanzar.
- DEBILIDADES: aspectos en los cuales el proyecto es vulnerable.
- AMENAZAS: peligros potenciales (riesgos) a los cuales se expone la Organización al implementar el Proyecto.



[Phillips04]

[PMI04] coincide con [Phillips04] en que la técnica FODA permite analizar el proyecto desde diferentes perspectivas ampliando el alcance de los riesgos considerados.

Para [Orlich] el Análisis FODA es efectivo si se cumple con las siguientes condiciones:

- Destinar el tiempo suficiente para realizar un análisis a detalle.
- Tener a mano los datos e información necesarios.
- Escoger cuidadosamente el equipo que realizará el análisis:
  - Multidisciplinario.
  - Con capacidad de analizar los asuntos con objetividad.
  - Con capacidad de separar lo relevante de lo que no es significativo.
  - Con capacidad de distinguir entre lo importante y lo urgente.
  - Con capacidad de distinguir entre lo que es favorable y lo desfavorable.
- Priorizar de 4 a 8 elementos en cada categoría (fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas) que más impacto pueden tener.
- Seguir el proceso de planificación estratégica con estos elementos priorizados.

### **3.3.1.1.5 Listas de Comprobación "Checklists"**

Según [Phillips04] las Listas de Comprobación para la identificación de riesgos de un proyecto se utilizan cuando el proyecto que se está analizando es similar a proyectos que se han realizado anteriormente, en estas circunstancias las Listas de Comprobación son una buena herramienta que permite al equipo identificar todos los riesgos relevantes del proyecto que se está desarrollando. La ventaja de utilizar Listas de Comprobación para la identificación de riesgos es que son una metodología simple y directa. La desventaja de utilizar Listas de Comprobación para la identificación de riesgos es que los participantes están limitados a las categorías de riesgos que la Lista de Comprobación propone. Teniendo en cuenta esta desventaja, generalmente se las utiliza como una guía que luego se complementa con alguna otra técnica.

Las Listas de Comprobación son fáciles de usar y proporcionan guías útiles para proyectos rutinarios pero tienen deficiencias en proyectos particulares. En este tipo de proyectos, las Listas de Comprobación pueden determinar restricciones bloqueando la identificación de riesgos que no formen parte del mismo [Cooper05].

Para [Taylor04] las Listas de Comprobación son una guía que contiene los riesgos más comunes y tienen que ser complementados con otras técnicas de identificación de riesgos.

### 3.3.1.1.6 Diagramas de Causa/Efecto "Ishikawa"

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de Causa-Efecto fue creado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa en el año 1953. Consiste en una representación gráfica en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, puede recibir otras líneas oblicuas que representan las causas secundarias [wikipediaIshikawa].

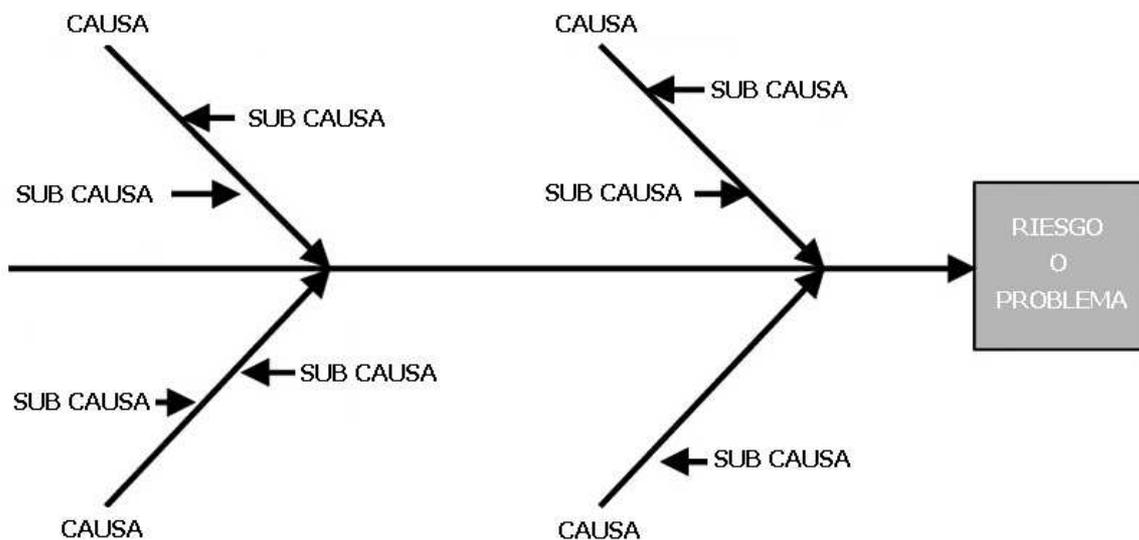


Diagrama de Causa/Efecto [NewellGrashina04]

Un Diagrama de Causa/Efecto es una representación grafica de varios elementos (causas) de un sistema que puede contribuir a un problema (efecto). Es una herramienta que permite identificar, clasificar y organizar las posibles causas de un problema. Se utiliza en las fases de diagnóstico con el fin de identificar las posibles causas de un problema específico. Este tipo de diagrama permite que los grupos de trabajo organicen gran cantidad de información sobre el problema y determinen exactamente las posibles causas debido a que hace posible reunir diversas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista [unalmedIshikawa].

Los Diagramas de Causa/Efecto también conocidos como “Espina de Pez” son una de las técnicas de diagramación mas utilizados para identificar y hacer análisis de las principales **causas o factores** que están determinando el riesgo del proyecto [Phillips04]

Los Diagramas de Causa/Efecto Son una técnica útil para identificar las fuentes de riesgo. Es una técnica que tiene que ver con el análisis de calidad, pero puede ser utilizada con el objetivo es identificar las causas de un problema [Taylor04]. Permiten que subprocesos puedan ser divididos en otros subprocesos hasta que el nivel de detalle sea alcanzado donde un pequeño grupo puede examinar el subproceso detalladamente y los riesgos asociados con cada uno pueden ser fácilmente identificados [NewellGrashina04]

Pasos para construir un Diagrama de Causa/Efecto [unalmedIshikawa]:

1. Identificar el problema. El problema es algo que se quiere mejorar o controlar. Este deberá se especifico y concreto para evitar que el número de elementos en el diagrama sea muy alto.
2. Indicar las categorías o factores causales más importantes que generan el problema.
3. Realizar Tormenta de Ideas de las causas del problema.
4. Incorporar en cada una de las ramas del diagrama factores más detallados que puedan ser considerados como causas probables de variabilidad.
5. Finalmente se deber verificar que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama.

### 3.3.2 Análisis Cualitativo del Riesgo

Según [Microsoft02] el análisis de los riesgos transforma las cifras y los datos de los riesgos detectados durante la fase de identificación en información que el equipo de proyecto puede utilizar para tomar decisiones relacionadas con la asignación de prioridades. Al establecer la prioridad de los riesgos, el equipo puede confirmar los recursos del proyecto para administrar los riesgos más importantes.

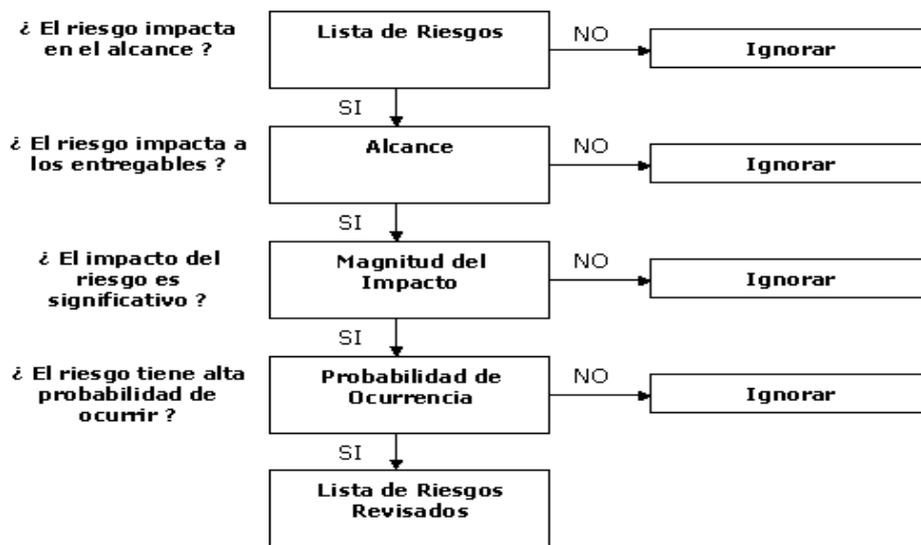
El análisis Cualitativo del Riesgo es efectivo en la categorización o filtrado de riesgos para determinar si tienen o no que ser planificados y que acciones correctivas deben tomarse en caso de ser necesario [Taylor04]. Es eficaz en la categorización de los riesgos determinando si es necesario planear una acción correctiva para los mismos. Las técnicas de análisis cualitativas no especifican los valores exactos del riesgo, pero son muy eficaces cuando se dispone de poco tiempo para evaluar riesgos antes de que se presenten [NewellGrashina04]. El análisis de riesgo cualitativo examina y prioriza los riesgos basado en su probabilidad de ocurrencia y en el impacto para el proyecto si el riesgo ocurre. Es muy efectivo para hacer un ranking por prioridad cuando tenemos poco tiempo para evaluar los riesgos antes de que sucedan. El resultado del ranking permite [Phillips04]:

- Identificar que riesgos requieren análisis cuantitativo adicional.
- Identificar que riesgos requieren un plan de respuesta directo e inmediato.
- Identificar que riesgos no son críticos para el proyecto.

Para [Taylor04] si se dispone de información histórica o experiencia se asigna un porcentaje de probabilidad al riesgo. Si esto no es posible lo que se hace es asignar valores de probabilidad del tipo: "Muy Bajo", "Bajo", "Medio", "Alto" o "Muy Alto" .

# Riesgo	Desc. Riesgo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
		0-5%	6-15%	16-40%	41-80%	81-100%

Cuando la lista de riesgos esta definida, los mismos son filtrados en función del impacto que los mismos pueden o no tener en el alcance del proyecto para obtener lo que se denominan "riesgos revisados" o "riesgos finales". Los riesgos que no tienen impacto sobre el alcance son ignorados.



Proceso de Filtrado del Riesgo [Taylor04]

Una vez que los riesgos fueron identificados y se les asignó una determinada probabilidad, es muy importante que se les asignen prioridades. Un error muy frecuente y muy serio que cometen los Administradores de Proyectos es manejar todos los riesgos directamente desde la lista de riesgos revisados sin ser priorizados [Taylor04]

Para [Microsoft02] las probabilidades son difíciles de calcular y aplicar, a pesar de contar con la ayuda de las bases de datos de riesgo de empresas e industrias, cuyos datos muestran los cálculos basados en muchos proyectos. Sin embargo, la mayoría de equipos de proyecto pueden expresar con palabras sus experiencias, interpretar los informes y proporcionar una amplia gama de expresiones de lenguaje natural para indicar rangos de probabilidad numéricos.

Rango de probabilidad	Valor de probabilidad empleado para los cálculos	Expresión de lenguaje natural	Valor numérico
de 1% a 33%	17%	Baja	1
de 34% a 67%	50%	Media	2
de 68% a 99%	84%	Alta	3

Ejemplo de una división de tres valores para las probabilidades [Microsoft02]

Rango de probabilidad	Valor de probabilidad empleado para los cálculos	Expresión de lenguaje natural	Valor numérico
de 1% a 14%	7%	Muy poco probable	1
de 15% a 28%	21%	Baja	2
de 28% a 42%	35%	Probablemente no	3
de 43% a 57%	50%	50-50	4
de 58% a 72%	65%	Probable	5
de 73% a 86%	79%	Altamente probable	6
de 87% a 99%	93%	Casi seguro	7

Ejemplo de una división de siete valores para las probabilidades [Microsoft02]

[Taylor04] propone un método de priorización de riesgos que se utiliza para comparar cada uno de los riesgos que se encuentran en la lista de "riesgos revisados" entre sí. En el ejemplo la matriz muestra los riesgos desde la A hasta la F de arriba a abajo y de izquierda a derecha, de esta forma es posible comparar todos los riesgos entre sí. Si el riesgo A es considerado mas importante en función del impacto para el proyecto que el riesgo B, en la intersección entre ambos se coloca A=1. El procedimiento se repite con todos los riesgos de la matriz. La matriz permite obtener el puntaje total para cada riesgo y aplicarle factores de peso.

RIESGOS	Riesgo A	Riesgo B	Riesgo C	Riesgo D	Riesgo E	Riesgo F	Total	Peso	Total * Peso	Ranking
Riesgo A										
Riesgo B										
Riesgo C										
Riesgo D										
Riesgo E										
Riesgo F										

Ejemplo: Matriz de Priorización de Riesgos [Taylor04]

<b>RIESGOS</b>	<b>Riesgo A</b>	<b>Riesgo B</b>	<b>Riesgo C</b>	<b>Riesgo D</b>	<b>Riesgo E</b>	<b>Riesgo F</b>	<b>Total</b>	<b>Peso</b>	<b>Total * Peso</b>	<b>Ranking</b>
<b>Riesgo A</b>							A=4			
<b>Riesgo B</b>	A=1						B=2			
<b>Riesgo C</b>	A=1	B=1					C=1			
<b>Riesgo D</b>	D=1	B=1	D=1				D=3			
<b>Riesgo E</b>	A=1	E=1	E=1	D=1			E=3			
<b>Riesgo F</b>	A=1	F=1	C=1	F=1	E=1		F=2			

Ejemplo: Matriz de Priorización de Riesgos: Riesgos Priorizados [Taylor04]

<b>RIESGOS</b>	<b>Riesgo A</b>	<b>Riesgo B</b>	<b>Riesgo C</b>	<b>Riesgo D</b>	<b>Riesgo E</b>	<b>Riesgo F</b>	<b>Total</b>	<b>Peso</b>	<b>Total * Peso</b>	<b>Ranking</b>
<b>Riesgo A</b>							A=4	0.2	0.8	1
<b>Riesgo B</b>	A=1						B=2	0.2	0.4	3
<b>Riesgo C</b>	A=1	B=1					C=1	0.2	0.2	5
<b>Riesgo D</b>	D=1	B=1	D=1				D=3	0.2	0.6	2
<b>Riesgo E</b>	A=1	E=1	E=1	D=1			E=3	0.1	0.3	4
<b>Riesgo F</b>	A=1	F=1	C=1	F=1	E=1		F=2	0.1	0.2	5

Ejemplo: Matriz de Priorización de Riesgos: Riesgos Priorizados, Asignación de Pesos y Ranking [Taylor04]

### 3.3.3 Análisis Cuantitativo del Riesgo

El Análisis de Riesgo Cuantitativo es realizado sobre los riesgos que ya fueron priorizados durante el proceso de Análisis de Riesgo Cualitativo. El mismo analiza el efecto de los riesgos y les asigna una valuación numérica [PMI04].

#### 3.3.3.1 Impacto y Exposición al Riesgo

Para [Microsoft02] el impacto del riesgo calcula la gravedad de los efectos adversos, la magnitud de una pérdida o el costo potencial de la oportunidad si el riesgo llega a producirse dentro del proyecto. Generalmente se utiliza una escala de valores subjetiva de 1 a 5 o de 1 a 10. Los valores altos indican pérdidas muy elevadas. Los valores medios indican una pérdida parcial o una efectividad reducida. Los valores bajos indican una pérdida pequeña o irrelevante.

La exposición al riesgo calcula la amenaza general que supone el riesgo combinando la información que expresa la probabilidad de una pérdida real con información que indica la magnitud de la pérdida potencial en un único valor numérico. En este caso la exposición al riesgo se calcula multiplicando la probabilidad de riesgo por el impacto.

Cuando las puntuaciones se utilizan para cuantificar la probabilidad y el impacto, es muy práctico crear una matriz que tenga en cuenta las posibles combinaciones de las puntuaciones y las asigne a las categorías de riesgo bajo, medio o alto. Para utilizar la puntuación de probabilidad tripartita, en la que 1 es bajo y 3 es alto, los resultados pueden expresarse en una tabla, donde cada casilla es un valor posible para la exposición al riesgo. En esta disposición es muy fácil clasificar los riesgos en la categoría de bajo, medio y alto dependiendo de su posición en las bandas diagonales de la puntuación ascendente [Microsoft02].

Impacto de probabilidad	Baja = 1	Media = 2	Alta = 3
Alta = 3	3	6	9
Media = 2	2	4	6
Baja = 1	1	2	3

Exposición baja = 1 o 2 Exposición media = 3 o 4 Exposición alta = 6 o 9

[Microsoft02].

Prioridad	Estado	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Exposición
1	Programación de proyecto largo	Pérdida de fondos al cabo del año	80%	3	2.4
2	Ningún estándar de codificación para un lenguaje de programación nuevo	Comercialización con más defectos	45%	2	0.9
3	Ninguna especificación por escrito de los requisitos	Algunas características del producto no se implementarán	30%	2	0.6

Impacto bajo = 1, impacto medio = 2, impacto alto = 3

Ejemplo de Cálculo de Exposición = Probabilidad x Impacto [Microsoft02].

### 3.3.3.2 Valor Esperado (VE)

Según [Verzuh05] la asignación de una probabilidad al riesgo ayuda a medir las consecuencias del mismo.

Para [NewellGrashina04] el análisis de "Valor Esperado" o "Expected Value" es un forma particular de determinar la severidad del impacto de los riesgos en el proyecto. Si el costo de evitar el riesgo es menor que el "Valor Esperado", debemos evitar el riesgo; si el costo de efectuar una acción para evitar el riesgo es mayor que el "Valor Esperado" no debemos evitarlo. En el análisis de "Valor Esperado" se mide la probabilidad del riesgo en números que están entre 0.0 y 1.0. Los números 0.0 y 1.0 no son usados dado que implicaría que el riesgo es imposible o es una certeza.

El análisis esta basado en que si se producen varios resultados para un determinado escenario dependiendo del riesgo que se esta analizando, el resultado mas probable puede ser determinado [Taylor04].

Cálculo del Valor Esperado [Taylor04]:

Se define una variable aleatoria X, y se presenta el conjunto de posibles valores X1, X2, ..., Xn; se asocia a p1, p2, ..., pn como la probabilidad de cada X, quedando el "Valor Esperado" representado como la siguiente ecuación:

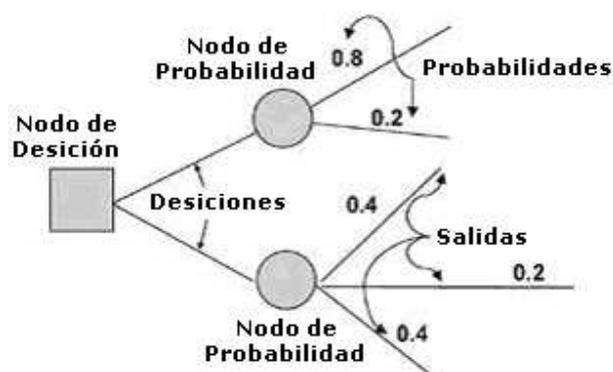
$$VE = \sum_{i=0}^n p_i X_i$$

La interpretación de esta ecuación es que el Valor Esperado de un evento es la sumatoria de todos los posibles "Valores de la Variable" multiplicada por la "Probabilidad" de que cada "Valor" ocurra. En general el análisis de "Valor Esperado" se realiza en conjunto con el análisis con Árbol de Decisión.

### 3.3.3.3 Árbol de Decisión

Para [Taylor04] un Árbol de Decisión es una herramienta gráfica que permite representar diferentes posibilidades en un proceso de toma de decisión. La clave de la utilización de Árboles de Decisión es identificar todos los posibles resultados. El "Valor Esperado" es utilizado para determinar el valor más probable de una rama particular en el Árbol de Decisión. Aunque las probabilidades son subjetivas, el uso del valor esperado en árboles de decisión proporciona una comparación relativa de resultados posibles. El objetivo del Árbol de Decisión es tomar una decisión, calcular el valor de la misma o determinar cual decisión cuesta menos [Phillips04]

El análisis de riesgos mediante Árbol de Decisión permite administrar decisiones basándose en el "Valor Esperado" de los mismos. Los Árboles de Decisión están compuestos por nodos que identifican decisiones que deben tomarse y nodos que representan probabilidades múltiples. La suma de probabilidades que resultan de los nodos de probabilidad son igual a 1, lo que implica que se tienen en cuenta todos los posibles resultados [NewellGrashina04]. Generalmente, los nodos de decisión son representados con cuadrados y los nodos de probabilidad son representados con círculos [Kerzner01].



Ejemplo: Árbol de Decisión [NewellGrashina04]

Para [Arsham] y [Anderson01] un Árbol de Decisiones es una representación cronológica del proceso de decisión mediante una red que utiliza dos tipos de nodos. Los nodos de decisión, representados por medio de cuadrados (el nodo de elección) y los nodos de estados, representados por círculos (el nodo de probabilidad). Las Ramas que salen de cada círculo representan los diferentes estados de la naturaleza mientras

que las ramas que sales de los cuadrados representan las diferentes alternativas de decisión.

Los pasos necesarios para construir un Árbol de Decisión son [Arsham]:

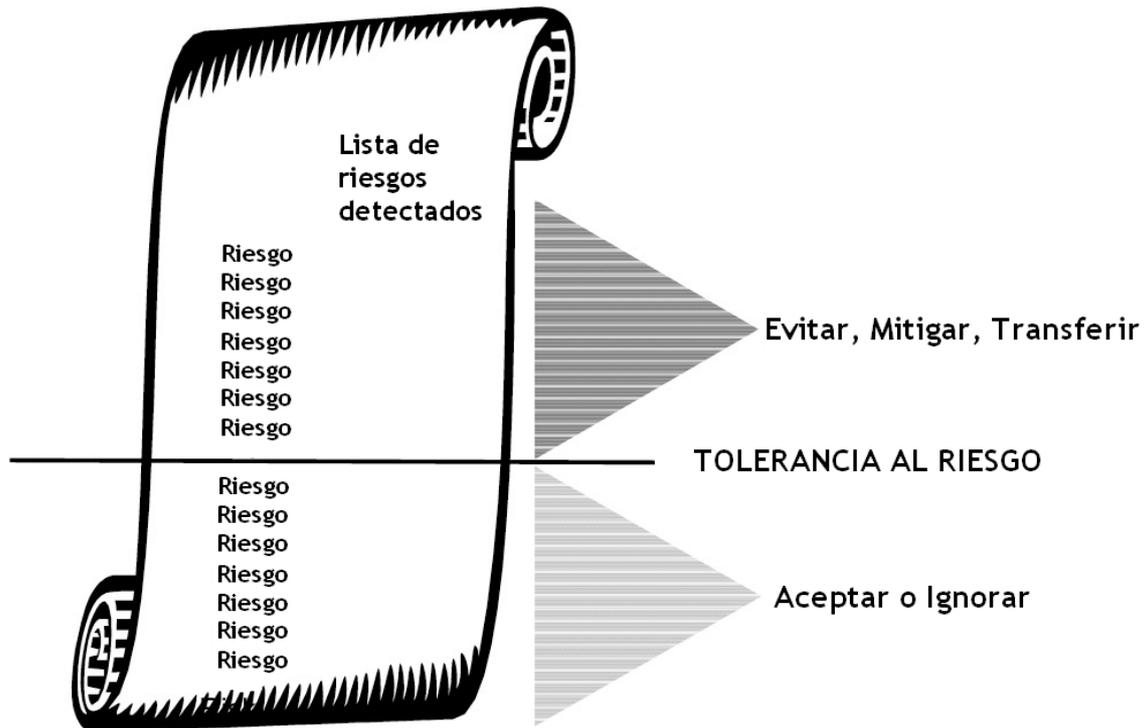
- Dibujar el Árbol de Decisión usando cuadrados para representar las decisiones y círculos para representar la incertidumbre.
- Evaluar el Árbol de Decisión, para verificar que se han incluido todos los resultados posibles.
- Verificar que las probabilidades en todas las ramas salientes de los nodos de probabilidad sumen uno.
- Calcular los valores del árbol trabajando en retroceso, del lado derecho al izquierdo.
- Calcular los valores de los nodos multiplicando el valor de los resultados por su probabilidad (Valores Esperados).

[AlmendrasOpazo] plantea algunas limitaciones de los Árboles de Decisión:

- Un Árbol de Decisión da una buena descripción visual en problemas relativamente simples, pero su complejidad aumenta exponencialmente a medida que se agregan etapas adicionales.
- En algunas situaciones, la especificación de la incertidumbre a través de probabilidades discretas resulta en una sobre-simplificación del problema.
- Cuando las consecuencias de un resultado potencialmente desfavorable no pueden ignorarse, el "Valor Esperado" puede no ser el mejor criterio de decisión.

### 3.3.4 Respuesta al Riesgo

La estrategia de respuesta al riesgo está basada en la tolerancia. La tolerancia al riesgo en términos de severidad es el punto de equilibrio. Un riesgo no es aceptable si esta sobre este punto equilibrio y si es aceptable si esta por debajo del mismo [NewellGrashina04]



Tolerancia al Riesgo [NewellGrashina04]

Para [Taylor04], las estrategias de respuesta al riesgo son métodos que utiliza el Administrador de Proyecto para administrar los riesgos cuando ocurren. Existen cuatro técnicas para responder al riesgo: Evitar el Riesgo, Transferir el Riesgo, Mitigar el Riesgo y Aceptar el Riesgo.

### **3.3.4.1 Evitar el Riesgo**

En general, la mejor defensa contra un riesgo es evitarlo [Taylor04]. La forma más simple de evitar un riesgo es sacar del proyecto los entregables que lo contienen contando con la aprobación de los interesados. Otra forma de evitar el riesgo es cambiar el diseño del producto para que el riesgo no ocurra [NewellGrashina04].

Según [Cooper05] esta estrategia implica que los eventos indeseados son evitados cambiando completamente el curso de la acción.

Para [Phillips04] evitar el riesgo implica alguna de las siguientes acciones:

- Cambiar el Plan para eliminar el riesgo.
- Clarificar los requerimientos para evitar discrepancias que introduzcan riesgos.
- Incorporar miembros adicionales al equipo de proyecto con la experiencia necesaria.

### **3.3.4.2 Transferir el Riesgo**

Según [Cooper05] "Un principio general de Administración de Riesgo es que los riesgos deberían ser la responsabilidad de aquellos mejor capaces de controlarlos y administrarlos". Según [Phillips04] "El riesgo no desaparece, pasa a ser el problema de otro".

La estrategia de transferir el riesgo aplica cuando internamente no se tiene la experiencia o el conocimiento para afrontarlo, implicando la contratación de un proveedor que cumpla esos requisitos [Taylor04].

Para [Microsoft02] un riesgo puede transferirse para que pueda ser administrado por otra entidad fuera del proyecto. Entre los casos en los que un riesgo puede transferirse se destacan:

- Aseguradoras
- Utilizar asesores externos más experimentados
- Comprar un componente en lugar de desarrollarlo
- Subcontratar los servicios

La transferencia del riesgo no significa que el riesgo se haya eliminado. En general, una estrategia de transferencia de riesgos generará riesgos que seguirán necesitando una administración proactiva pero que reducen el grado de riesgo a un nivel aceptable.

Transferir el riesgo a un proveedor requiere que el mismo firme un contrato conocido como "contrato de precio fijo", bajo estas condiciones, el proveedor es el responsable por los riesgos que se presenten [Verzuh05]. La estrategia que implementa el proveedor en estos casos es incrementar el precio del producto o servicio para compensar pérdidas en caso de que los riesgos ocurran [Heldman03].

Con un "contrato de precio fijo", el financiador y el realizador negocian el precio estipulado para realizar el proyecto. El realizador acuerda hacer lo que se describe en el contrato por un precio total e inamovible. Si el realizador puede llevar adelante el trabajo que demanda el proyecto a un coste menor que el precio fijado, obtiene una ganancia, pero si le cuesta, mas de lo previsto, entonces enfrenta una pérdida. Un "contrato de precio fijo" es un acuerdo, no una garantía de que el producto será entregado a tiempo y en las condiciones acordadas [Frame95]

### **3.3.4.3 Mitigar el Riesgo**

Según [Microsoft02] la mitigación de riesgos implica acciones y actividades que se realizan con anticipación para evitar que se produzca un riesgo o para reducir el impacto o las consecuencias a un nivel aceptable. La diferencia entre mitigación de riesgos y prevención de riesgos es que la mitigación intenta minimizar el riesgo a niveles aceptables, mientras que la prevención cambia el ámbito de un proyecto para eliminar las actividades que presentan un riesgo inaceptable.

El principal objetivo de la mitigación de riesgos es reducir la probabilidad de ocurrencia y si ocurre reducir las consecuencias. Por ejemplo, el uso de conexiones de red redundantes a Internet reduce la probabilidad de perder el acceso porque elimina el punto único de error. No todos los riesgos de un proyecto cuentan con una estrategia de mitigación razonable y rentable. En los casos donde no existe una estrategia de mitigación, es esencial desarrollar un plan de contingencia efectivo.

"La mitigación es el proceso de crear estrategias para minimizar el impacto de los riesgos en un proyecto" [Charvat02]. Para [Cooper05] la misma tiene por objetivo reducir al mínimo las consecuencias de los riesgos. El tiempo y costo necesario para

mitigar el riesgo tiene que ser menor que el necesario para reparar el daño que puede causar si el mismo ocurre [Phillips04]. La estrategia de mitigar el riesgo implica reducir la probabilidad y/o impacto de un riesgo identificado [Taylor04]. En general mitigar el riesgo implica alguna de las siguientes acciones:

Según [Taylor04]:

- Asignar recursos suficientes, entrenados y con mayor experiencia
- Utilizar tecnología probada y robusta en lugar de tecnología no probada o novedosa.

Según [Phillips04]:

- Agregar actividades al proyecto que permitan reducir la probabilidad o impacto del riesgo.
- Simplificar los procesos propios del proyecto.
- Poner mayor énfasis en las pruebas de los entregables antes de las implementaciones.
- Desarrollar prototipos y releases limitados para facilitar la administración y el control.

#### **3.3.4.4 Aceptar el Riesgo**

En algunos riesgos ya no es posible intervenir con medidas preventivas ni correctivas efectivas. En este caso, es necesario documentar los motivos que han empujado al equipo a aceptar el riesgo sin desarrollar ningún plan de mitigación o contingencia. Estos riesgos se deben seguir supervisando a lo largo del ciclo de vida del proyecto por si se produce algún cambio en las probabilidades, en el impacto o en la posibilidad de ejecutar una medida preventiva o de contingencia [Microsoft02].

Para [Verzuh05] la aceptación del riesgo significa que se entiende su significado, es decir, se entienden sus consecuencias y su probabilidad de ocurrencia y además se decide no tomar ninguna acción hasta tanto el riesgo se produzca. Esta estrategia es

común cuando las consecuencias o la probabilidad de que un problema ocurra son mínimas.

Aceptar el riesgo consiste en esperar el riesgo se produzca. El nivel de impacto al proyecto está dentro del nivel de tolerancia del equipo de proyecto u organización. Por ejemplo siempre hay un cierto nivel del riesgo asociado con el problema de compartir recursos a través de proyectos múltiples. En estos casos, el riesgo es reconocido y aceptado y será tratado cuando se produzcan conflictos por la disponibilidad de los recursos [Taylor04].

La estrategia de Aceptar el Riesgo determina que el riesgo es aceptado porque no hay otra posibilidad o porque el riesgo tiene una muy baja probabilidad de ocurrir o tiene un impacto muy bajo. Aceptar determina que solamente se hará algo si el riesgo ocurre [Phillips04].

Según [NewellGrashina04] el riesgo se puede aceptar de forma Pasiva o de forma Activa. La forma Pasiva implica no realizar ninguna acción. La forma Activa implica desarrollar un plan de contingencia para cuando el riesgo ocurra. Un plan de contingencia tiene que prever una reserva en el presupuesto basándose en la probabilidad de ocurrencia y el impacto del riesgo.

### 3.3.5 Monitoreo y Control del Riesgo

Para [Cooper05] es muy importante realizar un monitoreo continuo de los riesgos, principalmente en proyectos largos y dinámicos. Esto permite que nuevos riesgos puedan ser detectados y administrados y que las estrategias de respuesta sean implementadas de forma progresiva. [Cooper05] destaca algunas causantes que determinan el monitoreo continuo de los riesgos:

- Los riesgos cambian.
- Aparecen nuevos riesgos.
- Desaparecen algunos riesgos previamente detectados.
- Algunos riesgos cambian su prioridad e importancia.
- Cambian los stakeholders (interesados).
- Cambios en la Organización (fusiones, alianzas estratégicas, etc.)

El Administrador de Proyecto tiene que mantener una Lista con todos los Riesgos detectados y su estado. Esta lista es muy importante para asegurarse de que los riesgos mas importantes son examinados. Teniendo en cuenta que los riesgos cambian, son resueltos o aparecen nuevos, la lista de riesgos tiene que ser actualizada.

Para [Microsoft02] el seguimiento de riesgos supervisa el estado de los riesgos y el progreso de sus planes de acción. El seguimiento de riesgos también incluye la supervisión de probabilidades, impactos, exposiciones y otras medidas de riesgo para los cambios que pudiesen alterar los planes de prioridades o de riesgos y las características, los recursos o la programación del proyecto.

[Kerzner01] coincide con [Cooper05] en que "La Lista de Riesgos" tiene que ser revisada periódicamente para detectar que riesgos tienen que ser añadidos, modificados o eliminados.

Según [Cooper05] la revisión de la Lista de Riesgos implica:

- Para cada riesgo en la lista deben revisarse y mantenerse actualizados los estados de los mismos.

- Cuando los riesgos con estado "Muy Alto" o "Alto" fueron tratados, revisar si necesitan ser reclasificados o si pueden sacarse de la lista.
- Revisar si existen riesgos con estado "Medio" o estado "Bajo" que cambiaron su prioridad y necesitan actualizar su estado a "Muy Alto" o "Alto" identificando responsables para su tratamiento.
- Verificar si se identificaron nuevos riesgos e incluirlos en la lista de riesgos con su correspondiente estado.

## Capítulo 4

### 4 Gestión de Tiempos del Proyecto

#### 4.1 Introducción

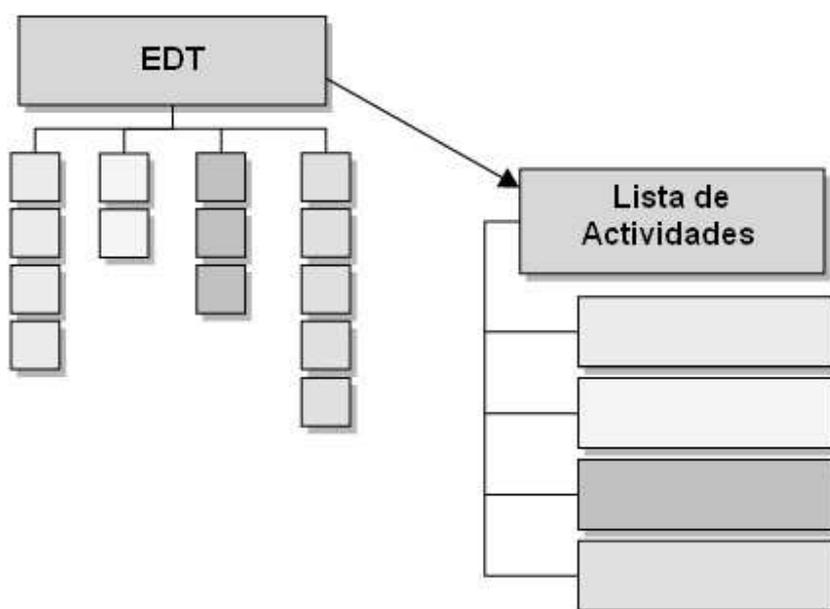
La gestión del tiempo del Proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar que el Proyecto se complete en tiempo. Las tareas primero son identificadas, se estima su duración y luego se determina la secuencia de las mismas y su interrelaciones [Phillips04]. Entre esos procesos se destacan [PMI04] [Heldman03]:

- **Definición de las Actividades:** subdividir cada entregable del Proyecto en subentregables más pequeños, identificando las actividades específicas que se deben desarrollar a fin de producir las distintas prestaciones del Proyecto.
- **Secuenciamiento de las Actividades:** a partir de la EDT se indican las relaciones e interdependencias para cada tarea identificando y documentando interactivamente estas relaciones.
- **Estimación de la Duración de las Actividades:** estimar el número de períodos de trabajo que serán necesarios para completar las actividades individuales y determinar el Camino Crítico.
- **Desarrollo del Cronograma:** analizar las secuencias de actividades, duraciones y requerimientos de recursos con el objetivo de crear el Cronograma del Proyecto.

## 4.2 Identificación de las Actividades

Según [Peñara91] una de las primeras y más importantes misiones del Administrador del Proyecto es la identificación y descripción de las actividades que se necesitan desarrollar para alcanzar el resultado deseado. Si el tamaño del Proyecto lo justifica, la descomposición de actividades puede hacerse de forma piramidal en varios niveles: Proyecto, SubProyecto, Paquetes, Actividades y Tareas. [Peñara91] plantea que la enumeración de las actividades tiene que estar acompañada de una descripción concreta que permita comprender su razón de ser, su contenido, el resultado esperado y las condiciones de ejecución.

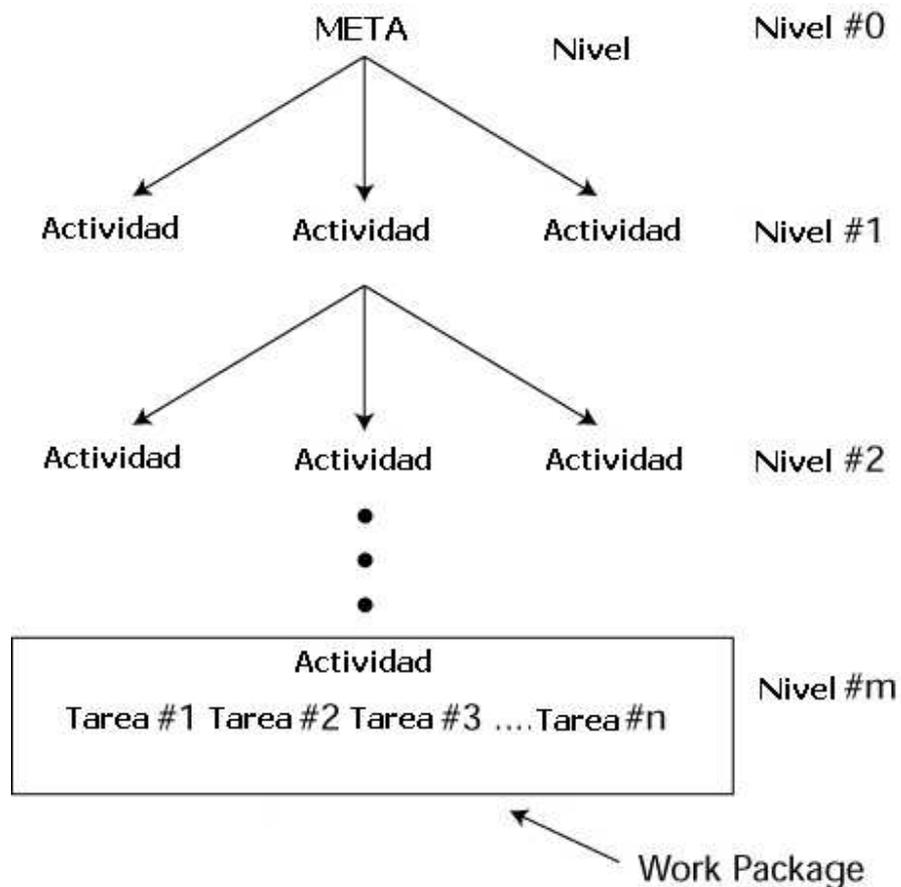
Para [HallJohnson02] la EDT contiene la identificación de las tareas principales a ser realizadas ('work package'). Si el individuo o el grupo de trabajo son capaces de hacer una tarea sin dividirla en unidades más pequeñas, implica que el nivel de desglose es suficiente y cada 'work package' es designado como una tarea. Si un 'work package' implica esfuerzos separados debería ser desglosado en subtareas. Para [PMI04] el proceso de Definición de las Actividades, implica subdividir los paquetes de trabajo del Proyecto en componentes más pequeños y más manejables, a fin de permitir un mejor control de la gestión. La EDT y la lista de actividades se desarrollan, por lo general, en forma secuencial, siendo la EDT la base de desarrollo de la lista final de actividades del Proyecto.



Relación entre la EDT y la Lista de Actividades del Proyecto [Phillips04]

Según [Phillips04] la Lista de Actividades describen el conjunto de tareas a realizar para poder crear los entregables del Proyecto. La misma es necesaria para asegurar que todos los entregables del Proyecto tienen asignadas las tareas necesarias para completarlos. La Lista de Actividades es una extensión de la EDT y es fundamental para poder crear el Cronograma del Proyecto. Es posible que durante la identificación de Actividades, el equipo de Proyecto y el Administrador del Proyecto descubran inconsistencias o faltantes en la EDT que deben ser reflejadas en el mismo.

Para [Wysocki03] un paquete de trabajo es una descripción completa de cómo se desarrollaran las tareas que componen una actividad. Define a la "Descomposición" como el proceso de desglosar la jerarquía de actividades, tareas y paquetes de trabajo. El objetivo de la "Descomposición" es permitir determinar el Cronograma del Proyecto y los recursos y necesarios para completarlo.



Proceso de "Descomposición" [Wysocki03]

### 4.3 Secuenciamiento de las Actividades

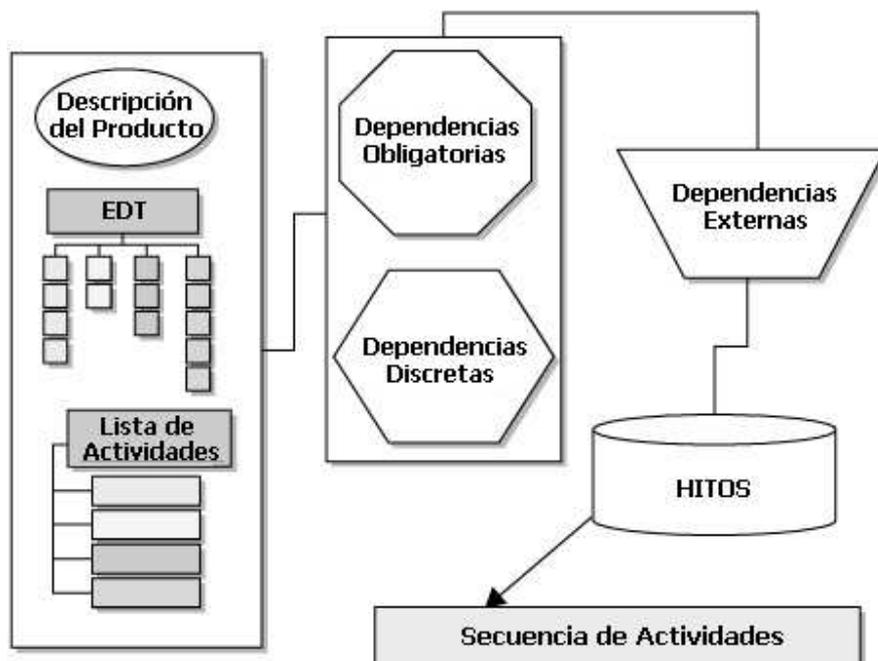
Una vez que la Lista de Actividades es creada, las Actividades deben organizarse en una secuencia lógica [Phillips04]. Este proceso requiere que el Administrador del Proyecto y el equipo de Proyecto identifiquen las relaciones lógicas necesarias entre las actividades para el desarrollo de los entregables del Proyecto [PMI04].

#### 4.3.1 Interrelaciones o Dependencias

[Kerzner01] y [PMI04] destacan tres tipos de interrelaciones o dependencias entre las actividades de un Proyecto:

- **Relaciones De Dependencia Obligada:** Las relaciones de dependencia obligada son aquellas que son inherentes a la naturaleza del trabajo que se está realizando. Generalmente se trata de limitaciones físicas. Las relaciones de dependencia obligada son conocidas también como lógica dura.
- **Relaciones De Dependencia Discreta:** Las relaciones de dependencia discreta son aquellas que son definidas por el equipo de gestión del Proyecto. Las mismas se definen, generalmente, basándose en el conocimiento que se tenga de: "Las mejores prácticas" dentro de un área de aplicación particular. Las relaciones de dependencia discreta pueden ser denominadas también como lógica preferida o lógica blanda.
- **Relaciones De Dependencia Externa:** Las relaciones de dependencia externa son aquellas que implican una relación entre las actividades del Proyecto y las actividades que no guardan relación alguna con el Proyecto. Por ejemplo, la actividad de prueba o evaluación de un Proyecto de software puede ser dependiente de la entrega de hardware de parte de una fuente externa.

[Kerzner01] plantea que a veces, es imposible dibujar dependencias de red sin la inclusión de actividades falsas (Dummy). Las actividades falsas o dummies son actividades artificiales que no consumen tiempo ni recursos. Se agregan en la red simplemente para completar la lógica y facilitar la visualización.



Proceso de Secuenciación de Actividades [Phillips04].

#### 4.3.2 Restricciones y Relaciones

Según [Charvat02] las restricciones determinan cuando y como el Proyecto puede ser puesto en práctica. Es importante entender por qué la restricción ha sido impuesta. En general, una de las restricciones más importantes es la fecha límite de Proyecto. Por otra parte, las restricciones del Proyecto también pueden incluir Hitos que determinan los entregables y su fecha de vencimiento esperada.

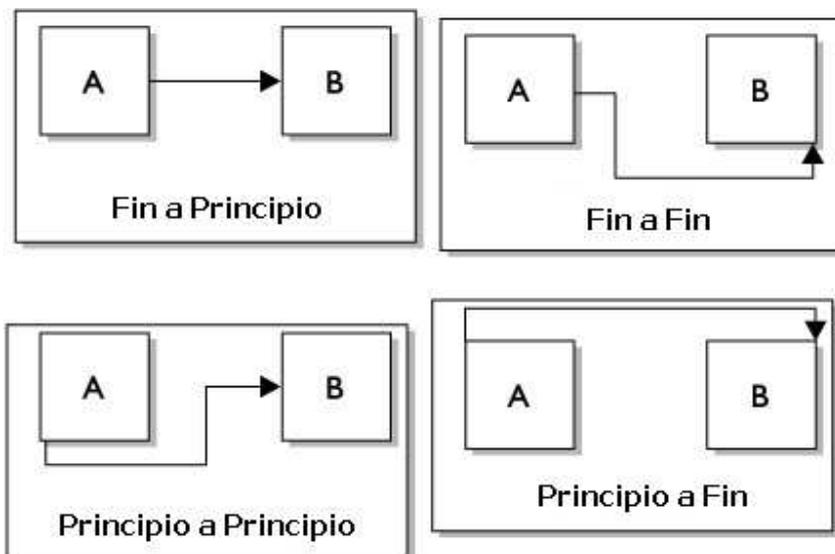
Hay cuatro restricciones asociadas a las "Fechas" que destacan [Kerzner01], [Charvat02], [Wysocki03], [Phillips04], [PMI04] y [NewellGrashina04] entre otros:

- **"No comenzar Antes Que"**: Esta restricción requiere que el Proyecto o la actividad no comiencen antes que la fecha predeterminada.
- **"No comenzar más Tarde Que"**: Esta restricción requiere que la actividad comience en función de una fecha predeterminada.
- **"No terminar más Tarde Que"**: Esta restricción requiere que el Proyecto o la actividad termine de acuerdo una fecha predeterminada.

- **"No terminar Antes Que"**: Esta restricción (en general no se usa) requiere que la actividad no Finalice hasta la fecha determinada.

Por otra parte [Kerzner01], [Charvat02], [Wysocki03], [Phillips04], [PMI04] y [NewellGrashina04] también destacan las cuatro restricciones asociadas a las "Precedencias" entre las actividades:

- **"Fin a Principio"**: Esta relación significa que la Tarea A debe estar completa antes de que la Tarea el B puede comenzar. Este es la relación más común.
- **"Principio a Principio"**: Esta relación significa que la Tarea A debe comenzar antes de la Tarea el B puede comenzar.
- **"Fin a Fin"**: Esta relación significa que la Tarea A debe estar completa antes que la Tarea B.
- **"Principio a Fin"**: Esta relación no es usual. Requiere que la Tarea A comience para que la Tarea B pueda terminar.



Restricciones / Relaciones de Precedencia [Phillips04]

Según [getecIA] es lógico que las distintas actividades de un Proyecto no se realicen ni de forma sucesiva ni de forma simultánea. Se trata de enlazarlas en el orden más conveniente posible para resolver adecuadamente los imperativos técnicos del Proyecto y para lograr la combinación óptima de costos y plazos, obteniendo una lista

de precedencias entre actividades. [getecIA] plantea que las restricciones o precedencias entre las actividades del Proyecto pueden ser de tres tipos:

- Técnicas.
- Procedimentales (política y procedimientos de la organización).
- Impuestas (recursos, contexto, etc.)

Según [NewellGrashina04] una vez que las restricciones son identificadas, se calculan las fechas del Cronograma: Inicio Temprano, Final Temprano, Inicio Tardío, Final Tardío:

- El **Inicio Temprano** de una actividad, es lo más Temprano que cualquier actividad puede ser programada para comenzar dada la lógica y las restricciones del Cronograma.
- El **Final Temprano** de una actividad, es lo más Temprano que la actividad puede ser programada para ser completada dada la lógica y las restricciones del Cronograma.
- El **Inicio Tardío** de una actividad, es lo mas tarde que una actividad puede ser programada para comenzar sin cambiar la fecha de Finalización del Proyecto.
- El **Final Tardío** de una actividad, es lo mas tarde que una actividad puede ser terminada sin cambiar la fecha de Finalización del Proyecto. [NewellGrashina04] define al "Final Tardío del Proyecto" como el Final Tardío de la última actividad para ser completada en el Proyecto.

#### 4.3.3 Calculo de Inicio/Final Temprano, Inicio/Final Tardío

Según [wikipedia] y [NewellGrashina04] el tiempo de Inicio Temprano "ITemp" y de Final Temprano "FTemp" para cada actividad del Proyecto, se calculan desde el nodo de Inicio hacia el nodo de término del Proyecto según la siguiente relación:

$$\mathbf{FTemp = ITemp + t}$$

Donde "**t**" es el tiempo esperado de duración de la actividad y donde "ITemp" queda definida según la siguiente regla:

*El tiempo de Inicio Temprano de una actividad específica, es igual al mayor de los tiempos "FTemp" de todas las actividades que la preceden directamente. El tiempo de Inicio Temprano de las actividades que comienzan en el nodo de Inicio del Proyecto es cero (0).*

El tiempo de Inicio Tardío "ITardío" y de Final Tardío "FTardío" para cada actividad del Proyecto, se calculan desde el nodo de término retrocediendo hacia el nodo de Inicio del Proyecto según la siguiente relación:

$$\mathbf{ITardío = FTardío - t}$$

Donde "**t**" es el tiempo esperado de duración de la actividad y donde " FTardío" queda definida según la siguiente regla:

*El tiempo de Final Tardío de una actividad específica, es igual al menor de los tiempos "ITardío" de todas las actividades que comienzan exactamente después de ella. El tiempo de Final Tardío de las actividades que terminan en el nodo de Finalización del Proyecto es igual a la "Duración Esperada del Proyecto".*

En función de lo expuesto anteriormente [wikipedia] define a la "Duración Esperada del Proyecto" como el mayor de los tiempos "FTemp" de todas las actividades que desembocan en el nodo de Finalización del Proyecto. Y define la "Holgura" de una actividad, como el tiempo disponible que tiene la misma para atrasarse en su fecha de Inicio o alargarse en su tiempo esperado de ejecución, sin provocar retraso en la fecha de finalización del Proyecto. Ambos conceptos son explorados más adelante cuando analicemos el método PERT y el método de Camino Crítico.

$$\text{Holgura de Inicio: } \mathbf{HI = ITardío - ITemp}$$

$$\text{Holgura de Ejecución: } \mathbf{HE = FTardío - FTemp}$$

#### 4.3.4 Diagramas de Red

Para [Kerzner01] Análisis de Red proporciona información para la planificación, la integración de Proyectos, análisis de tiempos y la programación y administración de recursos. El objetivo primario es proporcionar una representación gráfica del Proyecto.

El Análisis de Red Permite visualizar y administrar la siguiente información [Kerzner01]:

- Interdependencias entre actividades.
- Tiempo de Finalización del Proyecto.
- Impacto de las fechas tardías.
- Impacto de las fechas tempranas.
- Compensaciones entre recursos y tiempo.
- Desvíos entre planificación/rendimiento.
- Evaluación de rendimiento.

Para [Tinnirello01] el "Diagrama de Red" se genera utilizando las tareas de los niveles inferiores de la EDT. El mismo muestra las dependencias entre tareas y es útil para calcular fechas para cada tarea y por consiguiente el Proyecto entero.

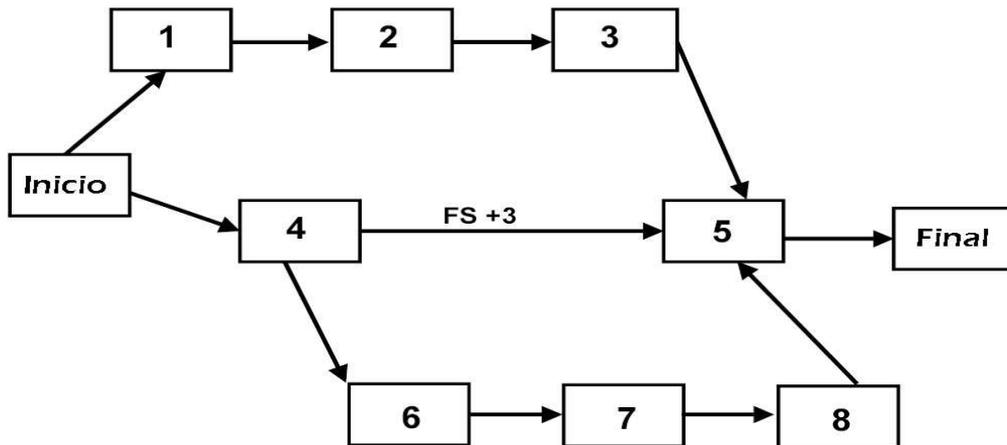
Según [NewellGrashina04] el "Diagrama de Red" se utiliza para mostrar las relaciones lógicas entre las actividades del Cronograma de un Proyecto. El "Diagrama de Red" determina la secuencia de actividades que el Proyecto debe seguir para alcanzar su Final.

[Verzuh05] destaca dos reglas básicas para la realización de un Diagrama de Red:

- Definir relaciones de tarea sólo entre paquetes de trabajo. Aún cuando el Proyecto tenga varios paquetes de trabajo 'work package' y varios niveles de tareas sumarias (grupos de paquetes de trabajo).
- Las relaciones de tarea deben reflejar sólo restricciones de secuencia entre paquetes de trabajo, no restricciones de recursos. [Verzuh05] plantea que el cambio de un diagrama de red debido a restricciones de recursos es el error más común en la construcción de diagramas de red.

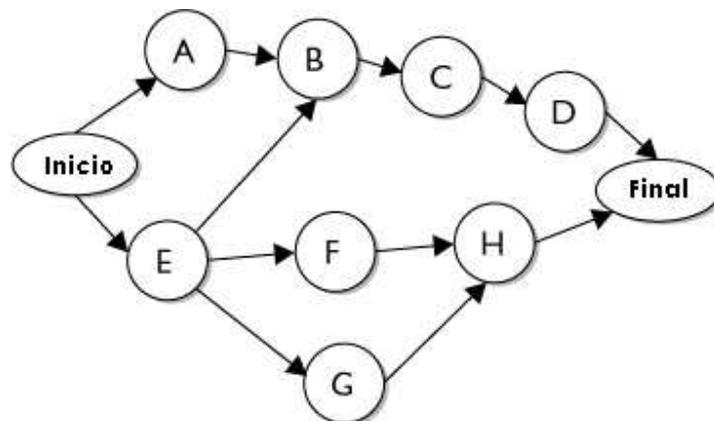
#### 4.3.4.1 Diagrama de Precedencia "PDM"

Para [Taylor04] el "Método de Diagrama de Precedencia (MDP por sus siglas en inglés)" es la técnica de análisis de red más común. Este tipo de Diagramas tienen la información de la actividad en los nodos y las flechas conectan estos nodos para mostrar las relaciones lógicas entre pares de actividades [NewellGrashina04].



Ejemplo: "Diagrama de Precedencia" [NewellGrashina04]

Según [Phillips04] el "Método de Diagrama de Precedencia (MDP)" es el método más común para organizar visualmente el trabajo del Proyecto. El PDM coloca a las actividades en los nodos y las conecta mediante flechas. Las flechas representan la relación y las dependencias entre los 'work package' (tareas/actividades).



Ejemplo: "Diagrama de Precedencia" [Phillips04]

Para [Heldman03] un "Diagrama de Precedencia" esta compuesto de nodos y dependencias. Donde cada nodo generalmente muestra el número de tarea, la descripción de la tarea y la duración.



Ejemplo: "Diagrama de Precedencia" [Heldman03]

Según [wikipediaPDM] el "Método de Diagrama de Precedencia" es un instrumento para programar actividades en un plan de Proyecto. Incluye la determinación de precedencias y la definición de atributos como:

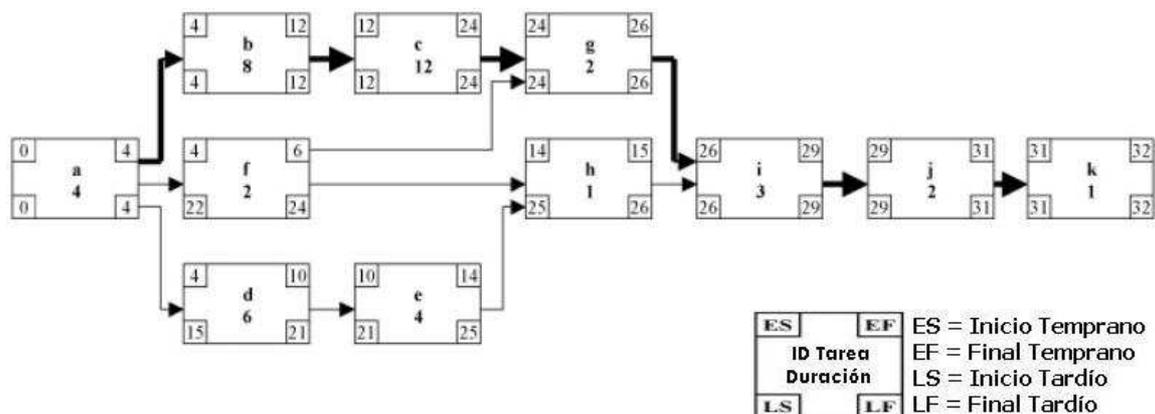
- Fecha de Inicio Temprano.
- Fecha de Inicio Tardía.
- Fecha de Final Temprano.
- Fecha de Final Tardía.
- Duración.
- Referencia a la EDT.

#### 4.3.4.2 Tabla de Precedencia y Red de Precedencia - Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo de "Tabla de Precedencia" y su correspondiente "Red de Precedencia" propuesto por [Taylor04]:

ID Alfabético de Tareas	Tareas EDT	Precedencia	Duración de Tareas (semanas)
a	Desarrollo de la Arquitectura del Sistema	—	4
b	Diseño de Módulos de Software	a	8
c	Programación	b	12
d	Diseño de los subsistemas de Hardware	a	6
e	Construcción Subsist. Hardware	d	4
f	Escribir Plan de Testing	a	2
g	Prueba del Software	c, f	2
h	Prueba del Hardware	e, f	1
i	Integración de Software y Hardware	g, h	3
j	Testing del Sistema	i	2
k	Instalación del Sistema	j	1

Ejemplo: Tabla de Precedencia [Taylor04]



Ejemplo: Red de Precedencia - Duración de las Tareas, Fecha de Inicio Temprano, Fecha de Final Temprano, Fecha de Inicio Tardío, Fecha de Finalización Temprana [Taylor04]

#### 4.4 Estimación de la Duración de las Actividades

Para [Figueroa01] la estimación de la duración de las actividades del Proyecto es probablemente la parte más difícil de la gestión de tiempos porque intenta prever el tiempo que cada una de las tareas necesita para su total desarrollo, sin tener bajo control directo todos los elementos que pueden afectarle. Plantea que la estimación de la duración de cada una de las actividades es compleja porque no se está hablando de procesos continuos sino de procesos únicos en los que los condicionantes y las restricciones con frecuencia son diferentes debidos a la intervención humana y a la singularidad de cada caso.

Según [Taylor04] el primer paso en el desarrollo del Cronograma del Proyecto es estimar la duración de cada tarea individual. La duración debería incluir tiempo de contingencia para defenderse de escasez de recursos o habilidades no disponibles. Una vez que todas las duraciones de tarea son estimadas, el siguiente paso debe determinar interdependencias de tarea.

Para [PMI04] la estimación de la duración de las actividades es el proceso de tomar información sobre el alcance del Proyecto y de los recursos y luego, estimar las duraciones para ingresarlas en el Cronograma. La persona o grupo del equipo del Proyecto que esté más familiarizado con la naturaleza de una actividad específica debe llevar a cabo, o al menos aprobar, la estimación.

[iaap] define tres de las variables que deben tenerse en cuenta al momento de realizar las estimaciones: **Trabajo, Duración y Recursos**.

- El **Trabajo** es la cantidad de horas, días, etc., necesarios para realizar una tarea (Ej: realizar testing de un entregable: 2 días de Trabajo).
- Los **Recursos** son la cantidad de personas que realizarán la tarea.
- La **Duración** es la cantidad de horas, días, etc., que llevará realizar la tarea, teniendo en cuenta el Trabajo y los Recursos asociados a la misma (Ej: los 2 días de Trabajo para el testing pueden determinar una Duración de 1 día si es realizado por dos personas que se dividen el Trabajo).

Según [getecIA] para poder realizar la estimación de la duración de las actividades es necesario disponer de la siguiente información:

- Información histórica (Proyectos anteriores similares, bases de datos comerciales, conocimientos y experiencia del equipo de Proyecto)
- Los recursos asignados a la actividad.
- La capacidad (productividad) de dichos recursos.

#### **4.4.1 Estimación Paramétrica o por Analogía**

Según [iaap] la Estimación Paramétrica es un tipo de estimación que se utiliza mucho en Proyectos que son similares. Consiste en detectar variables clave del Proyecto, indicadores y parámetros que son los principales determinantes del tamaño del Proyecto preguntándose: "¿ Cómo eran esos parámetros en los Proyectos anteriores que se implementaron ?".

Para [getecIA] la Estimación Paramétrica o por Analogía se realiza utilizando información histórica de duraciones reales de actividades anteriores similares.

- Como Ventaja de este método es que para Proyectos similares, esta forma de estimar puede ser rápida y segura.
- Como Desventaja es que todos los Proyectos son diferentes, algunos en mayor medida, otros en menor medida. La tecnología cambia de año a año, las personas son diferentes, las circunstancias son diferentes.

Teniendo en cuenta esto, lo que se hace normalmente en Proyectos reales es estimar el mismo Proyecto usando otro método de estimación: se trata de "ver" el mismo Proyecto desde diferentes enfoques para reducir el riesgo de estimar incorrectamente.

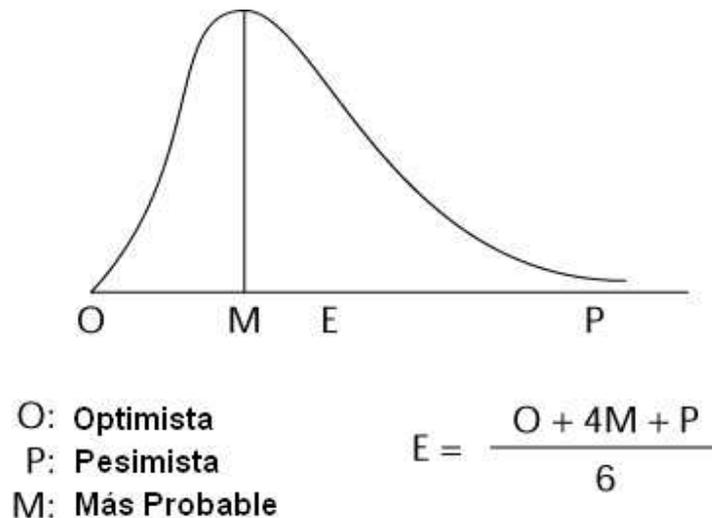
Según [PMI04] la estimación Paramétrica o por Analogía, también es conocida como "estimación de arriba-hacia-abajo". Este tipo de estimación utiliza la duración real de una actividad previa similar como base para estimar la duración de una actividad futura. La estimación Paramétrica o por Analogía es más confiable cuando:

- Las actividades previas son similares de hecho y no sólo en apariencia.
- Los individuos que preparan las estimaciones tienen la experiencia necesaria.

#### 4.4.2 Estimación mediante la "Técnica de los Tres Puntos"

Según [Kerzner01] [Wysocki03] al realizar estimaciones de las actividades del Proyecto, existen tres asunciones de Finalización posibles a tener en cuenta para poder realizar una estimación mediante la "Técnica de los Tres Puntos" y obtener el Valor Esperado:

- **Tiempo de Finalización más Optimista:** Este tiempo asume que todo irá según el plan y con una cantidad mínima de dificultades.
- **Tiempo de Finalización más Pesimista:** Este tiempo asume que no todo irá según el plan y que se presentaran las máximas dificultades potenciales.
- **Tiempo de Finalización más Probable.**



Gráfica de los Tres Puntos [Wysocki03]

A continuación [wikipedia] desarrolla el planteo de [Kerzner01] y [Wysocki03] para estimar la Duración o Tiempo Esperado de una actividad.

Se estima que la duración esperada de una actividad es una variable aleatoria de distribución de probabilidad con parámetros (a,m,b) donde [wikipedia]:

**T<sub>a</sub>** = define el Tiempo Optimista (menor Tiempo que puede durar una actividad)

**T<sub>m</sub>** = define el Tiempo más Probable que puede durar una actividad.

**T<sub>b</sub>** = define el Tiempo Pesimista (el mayor Tiempo que puede durar una actividad).

**T<sub>e</sub>** = define el Tiempo Esperado para una actividad.

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

Fórmula "Tiempo Esperado"

$$\sigma^2 = \left( \frac{t_b - t_a}{6} \right)^2$$

Fórmula "Variabilidad"

$$\sigma = \frac{t_b - t_a}{6}$$

Fórmula "Desviación Estándar"

La "Técnica De Los Tres Puntos" es utilizada para el análisis PERT que trataremos mas adelante.

#### 4.4.3 Factores a Considerar al Realizar Estimaciones

Según [PMI04] para crear estimaciones precisas, es necesario que el administrador del Proyecto y el equipo tengan en cuenta los factores que se enumeran a continuación:

- **Lista de actividades:** la lista de actividades son los elementos de trabajo necesarios para crear los entregables del Proyecto.
- **Restricciones:** es necesario identificar las restricciones del Proyecto teniendo en cuenta que pueden influir en las estimaciones. Un ejemplo de restricción es la fecha de Finalización del Proyecto.
- **Requerimientos de recursos:** las duraciones de actividad pueden cambiarse basado en el número de recursos adjudicados a la actividad. Los Administradores de Proyecto también deben tener cuidado para no sobrecargar

recursos en un esfuerzo para completar una tarea; demasiados recursos pueden ser contraproducentes.

- **Esfuerzo vs. Duración:** el Esfuerzo es la cantidad de trabajo que es aplicado a una tarea. La duración es cuanto tiempo se espera que demande la tarea con la cantidad trabajo asociada a la misma.
- **Capacidad de recursos:** las capacidades de los miembros de equipo de Proyecto deben ser tenidas en cuenta. También se deben considerar que recursos materiales influyen en la duración de la actividad.
- **Información histórica:** la información histórica es siempre una buena fuente de información para realiza estimaciones de duración de las actividades.
- **Riesgos identificados:** los riesgos en cada actividad deben ser identificados, analizados respecto a su probabilidad e impacto.

Por su parte [Berkun05] enumera algunas otras consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar estimaciones:

- Es necesario determinar con que precisión se requieren las estimaciones para asignar el tiempo suficiente para su realización, como así también determinar como hacer frente a los riesgos inducidos por estimaciones incorrectas resultantes de la no asignación del tiempo necesario.
- De ser posible realizar estimaciones múltiples para una misma tarea (de dos estimadores diferentes).
- Es necesario que los responsables de realizar las estimaciones conozcan y entiendan claramente los objetivos del Proyecto. Las estimaciones no solo están basadas en la interpretación del estimador respecto de las especificaciones de diseño sino también en la interpretación de las metas y los objetivos del Proyecto.
- Es necesario disponer de buenas especificaciones para facilitar la realización de buenas estimaciones.
- De ser posible utilizar PERT.

Para [Verzuh05] al momento de estimar un factor importante a tener en cuenta es que ninguna tarea sea más larga que la distancia entre dos reuniones de estado. Esto facilita el reporte mediante la utilización del **Método 0-50-100**. Según [iaap] y [Verzuh05] el método **Método 0-50-100** tiene en cuenta lo siguiente:

- "Si la tarea todavía no comenzó, vamos al 0%".
- "Si la tarea comenzó, aunque se haya avanzado poco o aunque estemos Finalizándola, vamos al 50%".
- "Si la tarea se Finalizó, vamos al 100%".

Los estados "No Comenzamos", "Estamos trabajando" y "Finalizamos" son objetivos y fáciles de diagnosticar.

Otro aspecto importante al momento de realizar estimaciones es la utilización de métricas (líneas de código, puntos de función, etc.) siempre que sea posible.

## **4.5 Desarrollo del Cronograma**

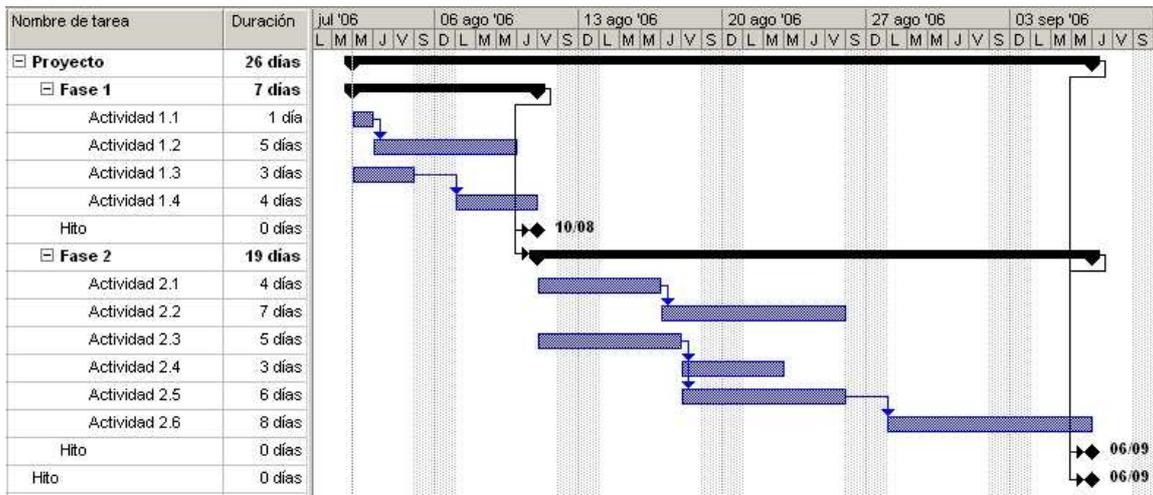
### **4.5.1 Diagrama de Gantt**

Para [iaap] y [NewellGrashina04] la programación de tareas produce un Cronograma de Trabajo, en donde para cada tarea se asigna la fecha de Inicio, la fecha de Finalización y el nombre de las personas que la ejecutarán. La programación de tareas se realiza después de que la EDT fue Finalizada y se tienen las estimaciones.

Según [Frame95] el Cronograma o Diagrama de Gantt nos permite ver fácilmente cuando deben empezar y cuando deben terminar las tareas que conforman la EDT. Plantea que el Diagrama de Gantt es útil también para el control del Proyecto permitiendo comparar nuestro plan con los datos reales, y eso nos permitirá determinar la magnitud de las variaciones en el Cronograma que tengamos en nuestro Proyecto. Los diagramas de Gantt se usan mucho para la planificación y el control de los Cronogramas en Proyecto. Su popularidad reside en su simplicidad. Es fácil construirlo y comprenderlo.

Para [wikipediaGANTT] el Diagrama de Gantt es una herramienta gráfica que tiene por objetivo mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. En Administración de Proyectos, el diagrama de Gantt se utiliza para visualizar el Origen y Final de las diferentes tareas y grupos de tareas como así también las dependencias entre tareas. Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la Administración de Proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un Proyecto.

Según [csiTP] el Diagrama de Gantt tiene como objetivo 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.



Ejemplo: Diagrama de Gantt: **Fases, Actividades e Hitos** – Microsoft Project 2000

#### 4.5.1.1 Características del Diagrama de Gantt

[csiTP] Destaca algunas características del Diagrama de Gantt:

- Es un Modelo realizado sobre ejes de coordenadas, donde las tareas se sitúan sobre el eje de ordenadas (y) y los tiempos sobre el de abscisas (x).
- Cada actividad se representa con una barra limitada por las fechas previstas de comienzo y fin.
- Las actividades se agrupan en fases y pueden descomponerse en tareas.
- Cada actividad debe tener recursos asociados.
- Utiliza hitos (tipo especial de actividad que no representa trabajo ni tiene recursos asociados).
- Las actividades en el Diagrama de Gantt se pueden relacionar por dos motivos:
  - Encadenamiento funcional o por prelación. (Ej.: un programa no puede probarse sin aún no se inició el desarrollo del mismo).
  - Encadenamiento orgánico o por ocupación de recursos. (Ej.: un programador no debería empezar un programa hasta que haya terminado el anterior).
- Pueden realizarse actividades en paralelo siempre que no tengan dependencia funcional u orgánica.

Para [MartinTate01] el Diagrama de Gantt permite:

- Mostrar la fecha de Finalización para cada entregable.
- Mostrar un mapa de las interdependencias entre los entregables.
- Mostrar los hitos del Proyecto (actividades con duración cero).
- Proporcionar un mecanismo para supervisar el avance de los entregables.

#### **4.5.1.2 Hitos del Cronograma**

Un Hito es un Elemento Terminal que marca la Finalización de un paquete de trabajo (work package) o fase. Generalmente un hito esta relacionado con decisiones relacionadas con el futuro del Proyecto [wikipediaMilestone].

Para [iaap] un Hito es un momento significativo en el Proyecto que señala un logro importante. Generalmente existe un hito al Finalizar un entregable importante. Los sponsors del Proyecto miden el avance del Proyecto en base a hitos y no a tareas particulares.

[Verzuh05] enumera algunas características de los Hitos:

- Los hitos tienen la duración cero.
- Los hitos son útiles para mostrar los principales puntos de avance.
- Los hitos no interfieren con el Proyecto y facilitan la visualización y el entendimiento del Cronograma.
- Los hitos puede representar eventos significativos que no son representados por un paquete de trabajo (work package) o tarea sumaria.

#### **4.5.1.3 Influencia de los Recursos en el Diagrama de Gantt**

Para [PMI04] la duración de la mayoría de las actividades se verá significativamente influenciada por los recursos que se les asignen y por las capacidades de los mismos. Por lo tanto, el desarrollo del Cronograma o Diagrama de Gantt requiere el conocimiento de cuáles serán los recursos disponibles y en que momento.

Según [csiTP] la asignación de recursos es una tarea fundamental en la planificación, ya que hay que considerar aspectos técnicos de cada recurso como su disponibilidad, capacidad de trabajo, impedimentos horarios, etc. Es fundamental que los trabajos se descompongan hasta la unidad mínima de tratamiento, es decir: descomponer el Proyecto en fases, las fases en actividades y las actividades en tareas, asignando una tarea a un recurso.

Algunas consideraciones a tener en cuenta a la hora de asignar recursos que destaca [csiTP] son las siguientes:

- Cuantificar necesidades y fechas de incorporación de recursos.
- Considerar la capacidad, los conocimientos y la experiencia de cada recurso.
- Considerar la complejidad, el tamaño y los requerimientos técnicos de cada tarea.
- Asignar tareas sencillas a recursos con poca experiencia.
- Asignar tareas complejas a recursos con mucha experiencia. Si las tareas complejas le son asignadas a recursos con poca experiencia, perderán mucho tiempo preguntando a sus compañeros y lo que es más grave harán perder mucho tiempo al resto del equipo.

#### **4.5.1.4 Flotaciones y Reservas en el Diagrama de Gantt**

Una vez realizado el Diagrama de Gantt, existen pares de entregables que no tienen ningún espacio entre ellos y otros pares que sí. Este espacio es llamado flotación o reserva (slack time). La flotación o reserva es el tiempo suplementario entre la fecha de Finalización de un entregable y la fecha de Inicio del siguiente. Esto generalmente sucede cuando hay mas de un predecesor para un entregable y el sucesor no puede comenzar hasta que el último predecesor sea completado. La existencia de flotación o

reserva en un Cronograma significa que si entregable predecesor es retrasado durante un tiempo menor o igual que el tiempo de flotación o reserva, el sucesor todavía puede comenzar a tiempo [MartinTate01]. El conjunto de tareas interrelacionadas que tienen flotación o reserva igual a cero determinan el Camino Crítico [Heldman03].

[Phillips04] destaca tres tipos de flotaciones o reservas (slack time) en un Cronograma de Proyecto:

- **Reserva o Flotación Libre** (Free float/slack): es el tiempo total que una actividad puede ser retrasada sin retrasar el Inicio Temprano de cualquiera de las actividades sucesoras.
- **Reserva o Flotación Total** (Total float/slack): es el tiempo total que una actividad puede ser retrasada sin retrasar la Finalización de Proyecto [Heldman03].
- **Reserva o Flotación del Proyecto** (Project float/slack): es el tiempo total que el Proyecto puede ser retrasado sin pasar la fecha de Finalización esperada por cliente.

Para [NewellGrashina04] la flotación o reserva (float o slack time) es una medida de flexibilidad en el Cronograma del Proyecto. Y a diferencia de [Phillips04], [NewellGrashina04] identifica dos clases de Flotaciones o Reservas:

- **Reserva o Flotación Total** (Total float/slack): es la cantidad de tiempo que una actividad puede ser retrasada sin necesidad de reprogramar la fecha de Finalización del Proyecto. El problema con la utilización de la flotación total es que el retraso de una actividad sólo nos dice que no tendremos que reprogramar la fecha de Final del Proyecto. Esto no nos dice cuantas otras actividades tendrán que ser reprogramadas en el Proyecto. Para obtener esta información se utiliza la flotación libre.
- **Reserva o Flotación Libre** (Free float/slack): es la cantidad de tiempo una actividad puede ser retrasada sin necesidad de reprogramar cualquier otra actividad en el Proyecto. La flotación libre es determinada comparando el Final Temprano de una actividad predecesora con el Inicio Temprano de una actividad sucesora. Si hay una diferencia, esto significa que la actividad

predecesora puede ser reprogramada sin necesidad reprogramar la actividad sucesora.

Para [Kerzner01] la "**Flotación o Reserva**" se obtiene por la diferencia entre la Fecha más Temprana en la cual puede esperarse que un evento ocurra y la Última Fecha en la cual un evento puede ocurrir sin ampliar la fecha de Finalización del Proyecto.

#### **4.5.2 Análisis PERT**

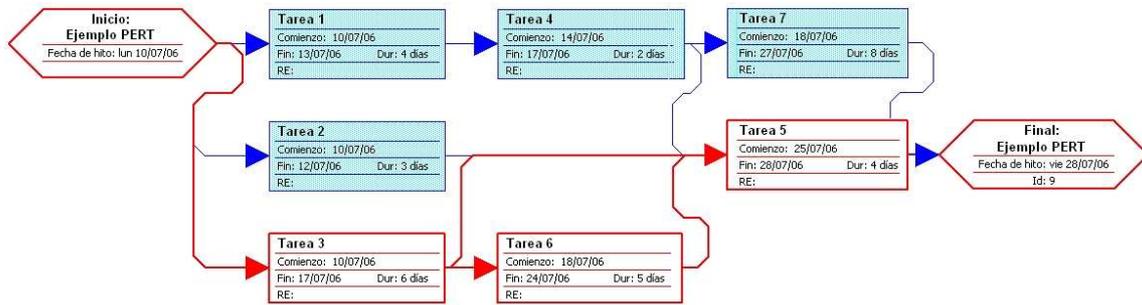
La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT por sus siglas en inglés), es un modelo para la administración y gestión de Proyectos inventado en 1958 por la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de Guerra del Departamento de Defensa de los EE.UU. La misma tiene por objetivo permitir analizar las tareas involucradas en completar un Proyecto dado, especialmente el tiempo para completar cada tarea, e identificar el tiempo mínimo necesario para completar el Proyecto total. Las Redes PERT, son diagramas de líneas de tiempo que se interconectan y están diseñados para Proyectos de gran escala, que se ejecutan de una vez, que son complejos y no rutinarios [wikipediaPERT].

Para [Kerzner01] el análisis PERT es un método de planificación y control. Es utilizado en Proyectos donde todas las tareas y sus interrelaciones correspondientes han sido identificadas. Su principal objetivo es determinar cuanto tiempo se necesita para completar el Proyecto. Para [csiTP] el objetivo del PERT es establecer las dependencias entre las distintas tareas del Proyecto para saber de qué manera deben ser relacionadas dentro de la planificación.

##### **4.5.2.1 Ejemplo de RED / PERT**

Según [PMI04] al Diagrama de Red del Proyecto se lo denomina comúnmente Red PERT. En una Red PERT cada nodo contiene la siguiente información referente a cada actividad [wikipediaPERT]:

- Nombre de la actividad.
- Duración esperada de la actividad.
- Tiempo de Inicio más Temprano (ES = Earliest Start).
- Tiempo de Finalización más Temprano (EF = Earliest Finish).
- Tiempo de Inicio más Tardío (LS = Latest Start).
- Tiempo de Finalización más Tardío (LF = Latest Finish).
- Holgura de la Actividad (H).



Ejemplo: Diagrama de RED / PERT: Tarea, Duración, Fecha de Inicio y Dependencias – Microsoft Project 2000

Nombre de tarea	Duración	Dur. optimista	Dur. esperada	Dur. Pesimista	Demora permisible
Inicio: Ejemplo PERT	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días
Tarea 1	4 días	3 días	4 días	5 días	0 días
Tarea 2	3 días	2 días	3 días	4 días	8 días
Tarea 3	6 días	5 días	6 días	7 días	0 días
Tarea 4	2 días	1 día	2 días	3 días	0 días
Tarea 5	4 días	3 días	4 días	5 días	0 días
Tarea 6	5 días	4 días	5 días	6 días	0 días
Tarea 7	8 días	7 días	8 días	9 días	1 día
Final: Ejemplo PERT	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días

Ejemplo: Hoja de entrada PERT para la RED Anterior: Nombre de la Tarea, Duración, Duración Optimista, Duración Esperada, Duración Pesimista, Duración Permissible (Holgura) – Microsoft Project 2000

#### 4.5.2.3 Estimaciones en el Análisis PERT

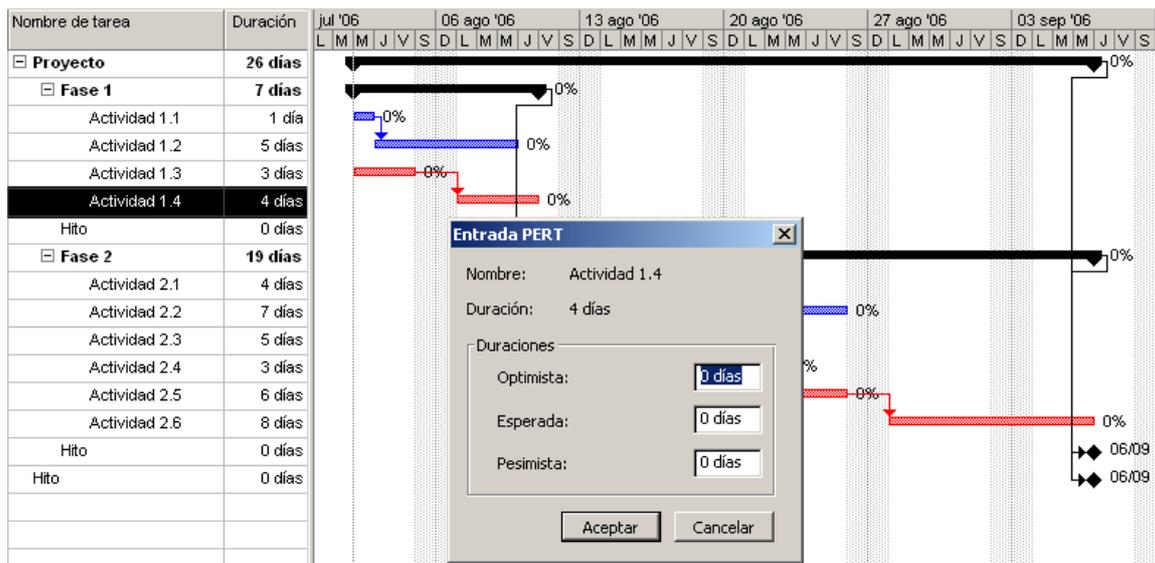
Según [Heldman03] las tres estimaciones necesarias para calcular PERT son la Estimación Optimista, la Estimación Pesimista y la Estimación más Probable. Estas estimaciones se realizan con "Técnica De Los Tres Puntos" mencionada anteriormente por [Kerzner01] [Wysocki03] y [wikipedia].

$$\text{Duración Esperada} = (\text{Optimista} + \text{Pesimista} + (4 * \text{Mas Probable})) / 6$$

[Heldman03] describe las tres estimaciones utilizadas en el cálculo de la "**Duración Esperada**":

- **Estimación Optimista:** la estimación optimista es el ideal. Asume que todo va según el plan y que ningún riesgo interfiere con la actividad.
- **Estimación Pesimista:** la estimación pesimista es lo opuesto a la estimación optimista. La estimación pesimista determina cuanto tomará para terminar la actividad asumiendo que los riesgos analizados se presentarán.
- **Estimación mas Probable:** Esta estimación es un equilibrio entre la estimación optimista y la pesimista. Determina la duración más probable de la actividad

La **Estimación mas Probable** es la estimación mas común por lo tanto se le agrega mayor peso en la fórmula: **4X**



Ejemplo – Entrada PERT para la Actividad 1.4 – Microsoft Project 2000

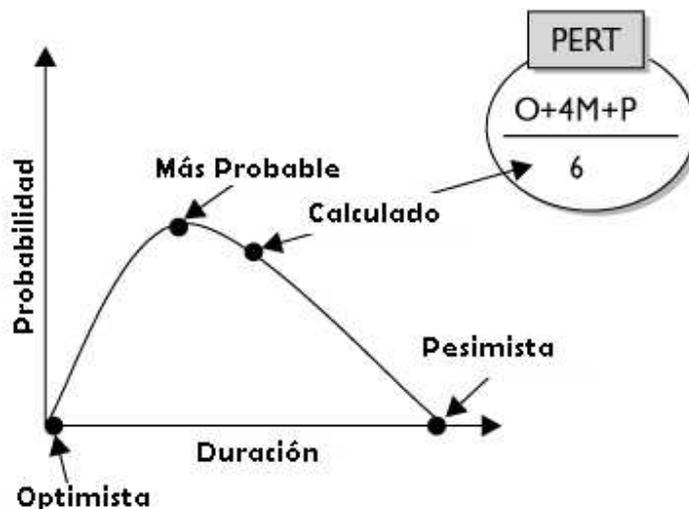
La distribución de tiempo que supone el PERT para una actividad es una distribución beta. La distribución para cualquier actividad se define por tres estimados [Acosta]:

- el estimado de tiempo más probable
- el estimado de tiempo más optimista

- el estimado de tiempo más pesimista

El tiempo más probable es el tiempo requerido para completar la actividad bajo condiciones normales. Los tiempos optimistas y pesimistas proporcionan una medida de la incertidumbre inherente en la actividad, incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.

Según [NewellGrashina04] el análisis PERT es un acercamiento estadístico para estimar Cronogramas de Proyectos. El análisis de PERT es usado cuando hay incertidumbre en la duración de las actividades en un Proyecto. La duración esperada y la desviación estándar esperada, son aproximaciones que permiten calcular la fecha de Finalización del Proyecto. Para esto, el análisis PERT se basa en la estimación de la Duración Optimista, la Pesimista y la más Probable. La duración esperada y la desviación estándar de la actividad son calculadas utilizando estos tres valores [NewellGrashina04]:



$$\text{Duración Esperada} = (\text{Optimista} + \text{Pesimista} + (4 * \text{Mas Probable})) / 6$$

$$\text{Desviación Estándar Esperada} = (\text{Pesimista} - \text{Optimista}) / 6$$

#### 4.5.2.3 Características del Análisis PERT

A continuación se enumeran algunas Ventajas que destaca [Kerzner01] respecto a la utilización del análisis PERT:

- El análisis PERT permite determinar la probabilidad de encontrar fechas límites especificadas en el desarrollo de Proyectos.
- Se puede examinar las desviaciones estándares y la probabilidad de cumplir con las estimaciones.
- Permite evaluar el efecto de cambios del Cronograma. Por ejemplo, PERT puede evaluar el efecto de un cambio contemplado de recursos de las actividades menos críticas a las actividades identificadas como cuellos de botella probables. Otros recursos y compensaciones de rendimiento también pueden ser evaluados.
- Permite evaluar el efecto de la desviación en tiempo para una actividad respecto a su estimación.
- Permite que información sofisticada pueda ser presentada en un diagrama de RED/PERT organizado del cual tanto el proveedor como el cliente pueden tomar decisiones en conjunto.

Según [getecTP] el análisis PERT permite:

- Buscar el plazo mínimo de ejecución del Proyecto.
- Identificar las relaciones temporales entre actividades del Proyecto.
- Identificar las actividades críticas, es decir, aquellas cuyo retraso en la ejecución supone un retraso del Proyecto completo.
- Identificar el camino crítico, que es aquel formado por la secuencia de actividades críticas del Proyecto.
- Detectar y cuantificar las holguras de las actividades no críticas, es decir, el tiempo que pueden retrasarse (en su comienzo o Finalización) sin que el Proyecto se vea retrasado por ello.

Por otra parte [Kerzner01] plantea que el análisis PERT tiene como desventaja que requiere demasiado tiempo y esfuerzo para su realización.

El análisis PERT se utiliza con éxito en proyectos complejos de ingeniería industrial, mecánica, aeronáutica, etc. Donde se sabe con relativa exactitud cuanto puede durar una tarea y que factores pueden afectarla. No tanto así en proyectos complejos de ciencias mas blandas, donde es difícil localizar métricas para definir el tiempo de

duración de las tareas, como proyectos de salud, proyectos de ciencias sociales, o proyectos donde se dependa mucho de factores no predecibles ni controlables.

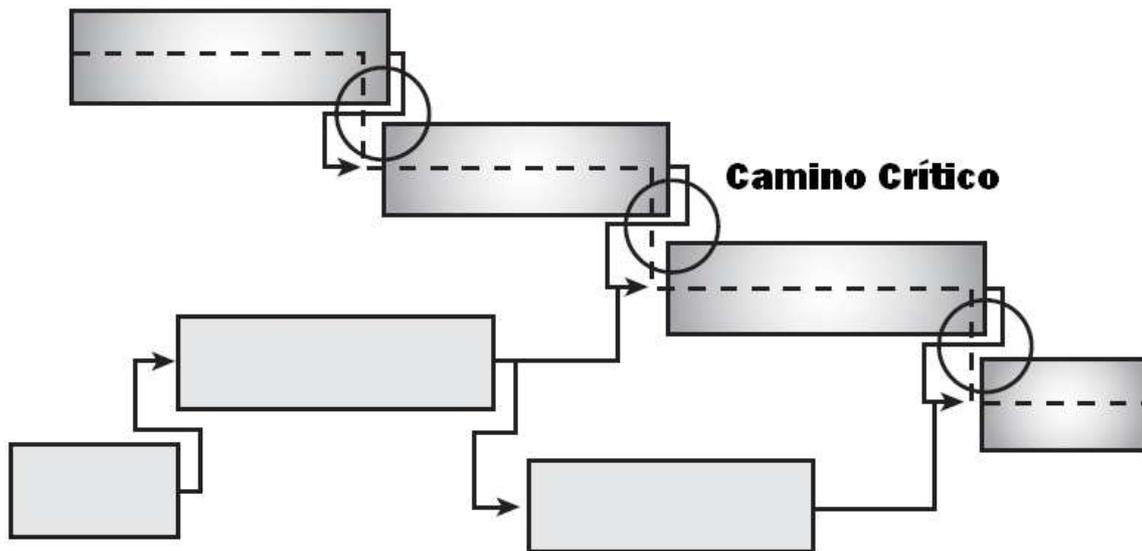
### **4.5.3 Análisis del Camino Crítico**

#### **4.5.3.1 Camino Crítico y Actividades Críticas**

El Camino Crítico es el camino más largo en el Proyecto. Es el conjunto de tareas dependientes interrelacionadas que tienen la duración más larga. Esto significa que cuando las duraciones para cada una de las tareas o actividades en una secuencia (con dependencias) son sumadas desde el principio al Final del Proyecto, el camino con la duración más larga es el camino crítico. Cualquier tarea en el camino crítico es llamada tarea crítica. Por lo tanto, el camino crítico identifica la cantidad de tiempo que se necesita para completar el Proyecto. Si alguna tarea en el camino crítico excede el tiempo previsto, entonces la fecha de Finalización del Proyecto será retrasada por el período de tiempo que la tarea excedió el tiempo previsto [HallJohnson02] [Heldman03].

[wikipedia] Define a las Actividades Críticas como las actividades cuya Holgura es nula y que por lo tanto, si se retrasan en su fecha de Inicio o se alargan en su ejecución mas allá de su duración esperada, provocarán un retraso exactamente igual en tiempo en la fecha de Finalización del Proyecto. Y define al Camino Crítico como la secuencia de actividades en la red del Proyecto con la duración total más larga, lo que determina el tiempo más corto posible para completar el Proyecto. Cualquier retraso de una actividad en el camino crítico afecta directamente la fecha de Finalización del Proyecto planeada (es decir no hay ninguna reserva en el camino crítico). Un Proyecto puede tener varios caminos críticos paralelos.

Para [Verzuh05] el término Camino Crítico es uno de los más usados de todos los términos relacionados con la administración de Proyectos. Por su parte [MartinTate01] define el camino crítico como el camino más largo del Cronograma lo que determina la fecha de entrega para el entregable Final. Teniendo en cuenta que en el camino crítico no hay flotación, si algún entregable del mismo se retrasa, entonces el entregable Final también se retrasará.



Camino Crítico [MartinTate01]

#### 4.5.3.2 Método de Camino Crítico "CPM"

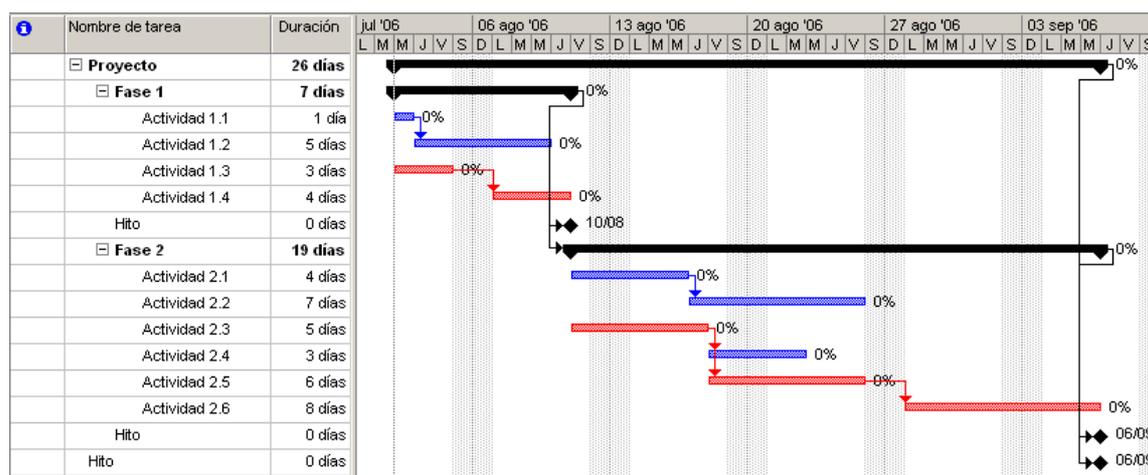
El Análisis de Camino Crítico (CPM por sus siglas en inglés: Critical Path Method), es una herramienta muy útil para una eficaz administración de Proyectos. Fue desarrollado en los años 50's por la Corporación DuPont (en colaboración con la Corporación Remington Rand). En la actualidad es utilizado en Proyectos de construcción, desarrollo de software, investigación, desarrollo de productos, etc. El Análisis de Camino Crítico aplica para cualquier Proyecto con actividades interdependientes que tienen que ser programadas. Para poder utilizar CPM es necesario realizar un modelo del Proyecto que contenga [wikipediaCPM]:

- Una lista de todas las actividades requeridas para completar el Proyecto.
- La duración (tiempo) que cada actividad necesita para ser completada.
- La secuencia o interdependencia entre las actividades.

Usando estos valores el Análisis de Camino Crítico calcula la fecha de Inicio y de Finalización para cada actividad y determina qué actividades son críticas a la Finalización del Proyecto y que actividades tienen "flotación" y son menos críticas.

Para [Acosta] en el análisis del Camino Crítico a diferencia del análisis PERT solamente se requiere un estimado de tiempo. Todos los cálculos se hacen con la suposición de que los tiempos de la actividad se conocen. A medida que el Proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso. Si ocurre algún retraso en el Proyecto, se hacen esfuerzos para corregir los desvíos cambiando la asignación de los recursos.

Según [NewellGrashina04] el Método de Camino Crítico ayuda al administrador de Proyectos a reconocer en que parte del Cronograma se va a requerir un mayor esfuerzo de administración. El Método de Camino Crítico reconoce que las actividades en el Cronograma que tienen "Reserva o Flotación" cero son las actividades que no pueden ser retrasadas sin retrasar la Finalización del Proyecto. Estas actividades son llamadas actividades críticas y deben ser identificadas como actividades que requieren mayor supervisión que otras.



Ejemplo - Diagrama de Gantt: Fases, Actividades, Hitos y **Camino Crítico** (Actividades en Color Rojo) – Microsoft Project 2000

#### 4.5.3.3 Características del Análisis del Camino Crítico

[Peñara91] enumera algunos factores que destacan la importancia del concepto de camino crítico:

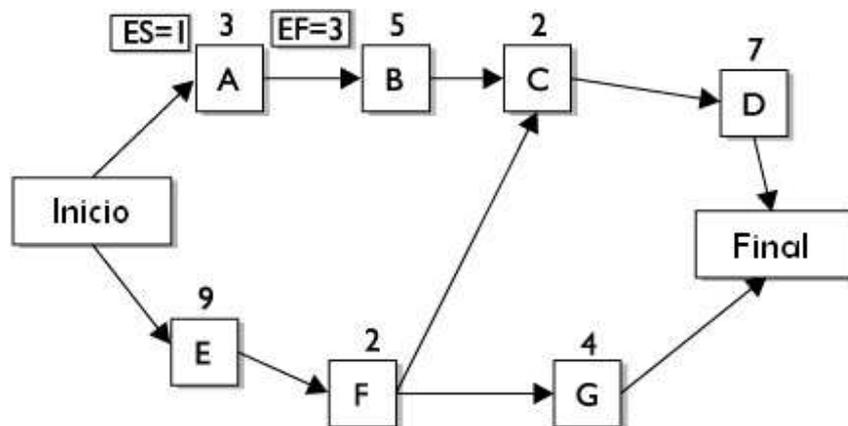
- El camino crítico determina la duración total del Proyecto y permite comprobar si la planificación efectuada es o no coherente con los objetivos del Proyecto.

- El camino crítico esta formado por un grupo de actividades, que también reciben el calificativo de críticas, y cuyo control es extremadamente importante porque cualquier retraso de una actividad crítica supone también un retraso de la misma duración en el Proyecto completo.
- A diferencia de las Actividades Críticas, el acortamiento de una actividad no crítica no produce ningún efecto sobre el plazo global del Proyecto, como así tampoco el alargamiento de una tarea no crítica supone ningún retraso en la Finalización del Proyecto, a no ser que el alargamiento sea tan grande que la misma se haya transformado en crítica.
- Cuando el Proyecto es de gran dimensión y se compone de un gran numero de actividades suele ser muy difícil, si no imposible, seguir con atención todas las actividades. [Huges99] coincide con [Peñara91] respecto a que el camino crítico permite atender con mayor cuidado a las actividades que, por ser criticas o porque podrían hacerse críticas con facilidad, presentan un riesgo mas elevado de afectar negativamente al plazo total de realización del Proyecto, y vigilar mas superficialmente otras actividades que aparentemente resultan menos preocupantes.

#### 4.5.3.4 Cálculo de Camino Crítico "CPM" y Flotaciones - Ejemplo

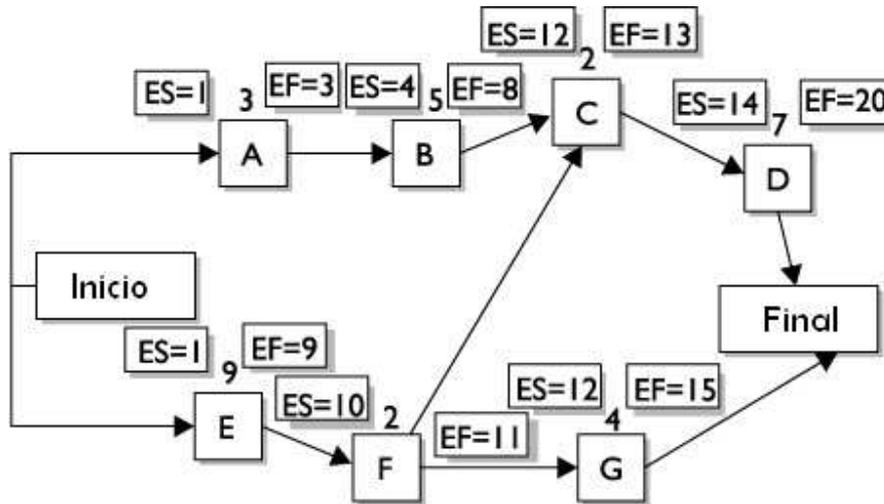
A continuación se muestra un ejemplo paso a paso de [Phillips04] para el Análisis del Camino Crítico:

Las fechas de Inicio Temprano (ES) y de Finalización Temprana (EF) se calculan primero (el calculo se hace de Izquierda a Derecha: desde el nodo de Inicio al nodo Final). El valor de ES para la primer tarea es Uno (1). El valor de EF para la primer tarea es su valor de ES más la Duración de tarea, menos uno (1).



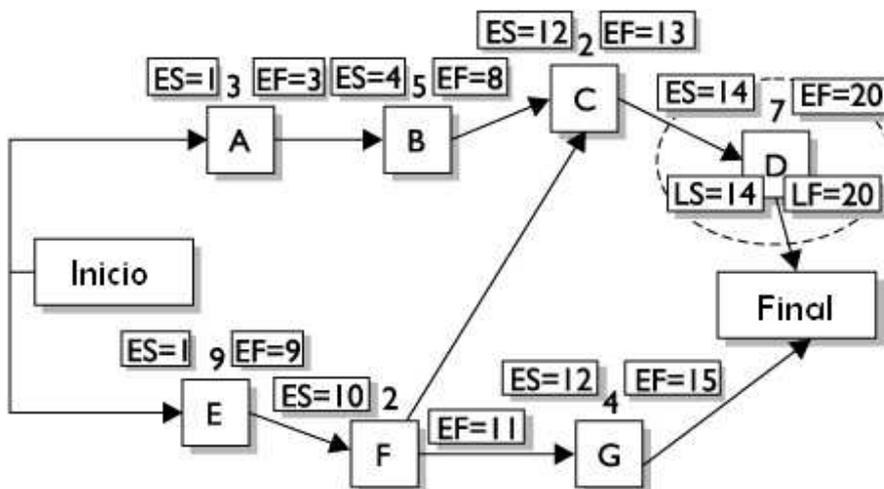
El valor de ES de la siguiente tarea(s) va a ser el valor de EF de la actividad anterior, más uno (Ej: si la Tarea A Finaliza el día ocho, la Tarea B comenzará durante el día nueve). Tener en cuenta que cuando hay mas de una actividad predecesora para calcular el valor de ES de la siguiente tarea(s) es necesario utilizar el valor EF más grande.

El valor de EF para la siguiente tarea(s) va a ser igual al valor de su ES más la duración de la tarea, menos uno (1).

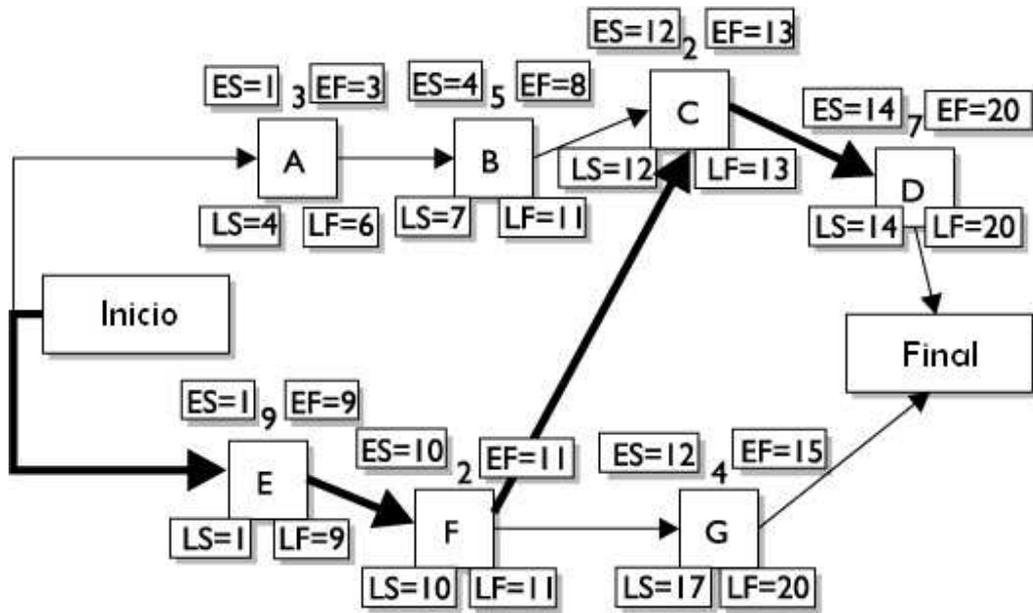


Una vez calculada la ES y la EF para cada actividad, es necesario calcular las fechas de Inicio Tardío (LS) y de Finalización Tardía (LF). En este caso, el cálculo se hace de Derecha a Izquierda: desde el nodo Final al nodo de Inicio.

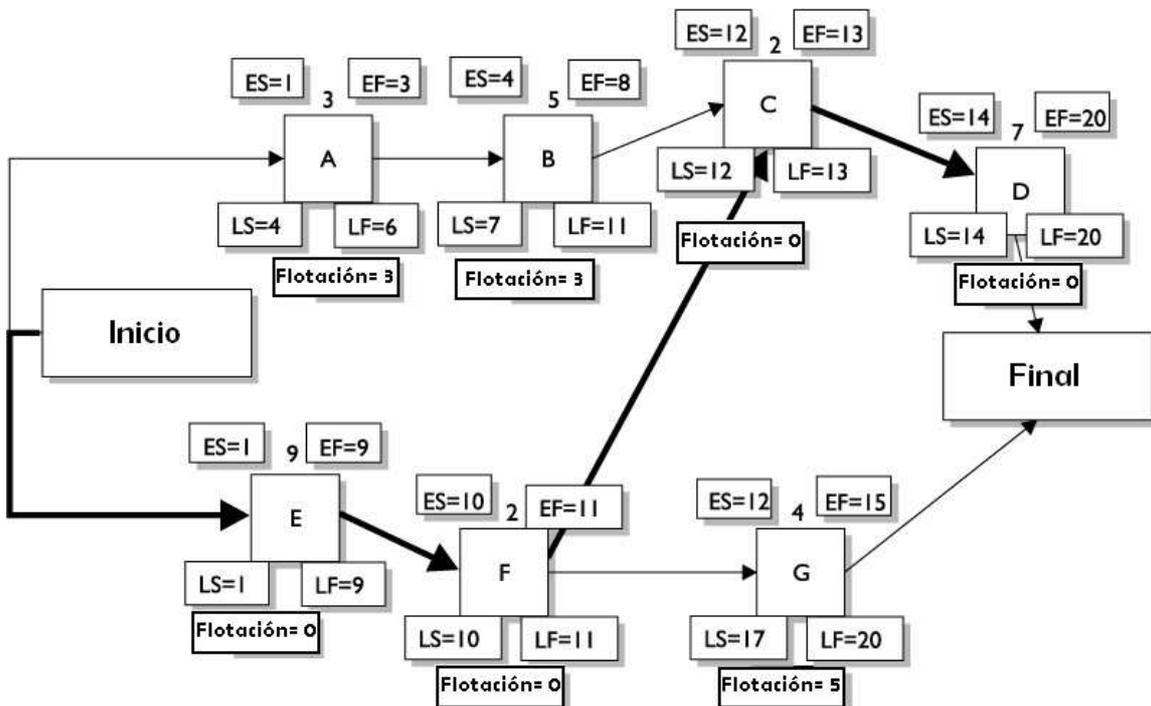
El LF para la última actividad es igual a su valor de EF; el LS se calcula restando la duración de la actividad al valor de su LF y sumándole uno.



El LF de la actividad predecesora es igual al LS de su actividad sucesora menos uno (1). (Ej: si la Tarea Z tiene un LS de 107, la Tarea Y tiene un LF de 106). El LS es nuevamente calculado restando la duración de la actividad al valor de su LF y sumándole uno.



Para calcular la reserva o flotación de cada actividad (la reserva o flotación total es la cantidad de tiempo una tarea puede ser retrasada sin retrasar la fecha de Finalización de Proyecto), se le resta al valor de ES el valor LS y al valor del EF se le resta el valor del LF.



#### **4.5.4 Compresión Intensiva "Crashing" y Vía Rápida "Fast Tracking"**

Según [NewellGrashina04] la única forma en que se puede reducir el Cronograma de un Proyecto es reduciendo las tareas que están en el Camino Crítico. Para hacer esto se utilizan el "Crashing" y el "Fast tracking".

- El Crashing tiene como objetivo reducir el Cronograma del Proyecto. Cuando se hace Crashing del Cronograma, se incrementan los gastos y/o recursos para reducir el tiempo previsto para la realización del Proyecto.
- El Fast tracking es una forma particular de reducción de Cronograma. El objetivo del Fast tracking es tomar tareas que fueron originalmente planificadas para ser realizadas en forma secuencial y replanificarlas para que sean realizadas en forma paralela o parcialmente paralela. El Fast tracking al igual que el Crashing también aumenta el costo pero lo que es más importante es que aumenta el riesgo.

El [PMI04] al igual que [NewellGrashina04] destaca dos técnicas para reducir el Cronograma de un Proyecto:

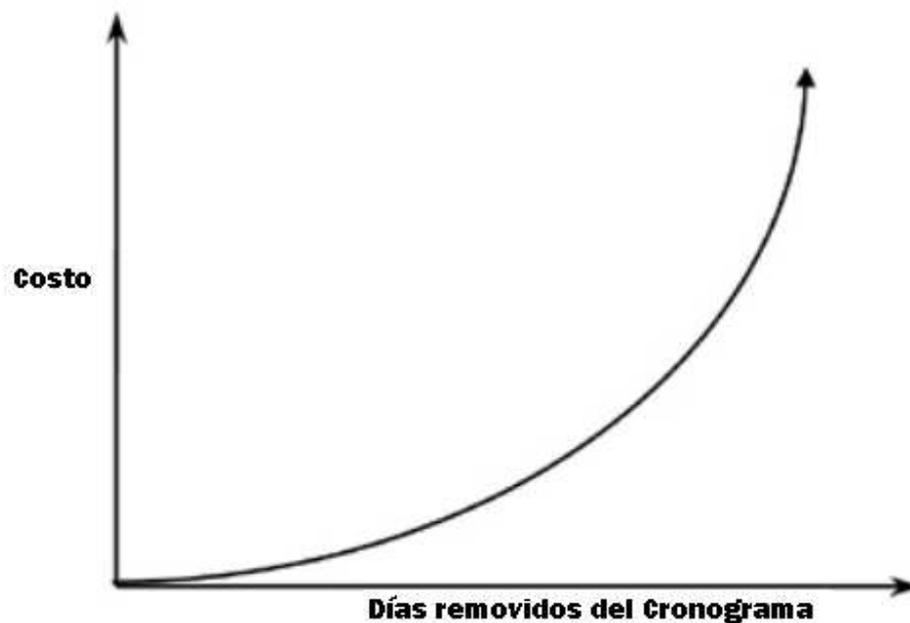
- Compresión Intensiva ("Crashing"): donde se analizan las compensaciones de costo y tiempo a fin de determinar cómo, de ser posible, obtener la mayor reducción en el Cronograma con el menor costo.
- Compresión por Vía Rápida ("Fast Tracking"): Implica realizar actividades en paralelo que se tienen que realizar en secuencia. La Vía Rápida tiene como desventaja que en general requiere la reejecución de la actividad y usualmente aumenta el riesgo.

[wikipediaCrash] define el "Crashing" como el esfuerzo para reducir la duración total de Cronograma. Las siguientes técnicas son empleadas:

- Agregar de recursos.
- Aumentar las horas de trabajo (horas extras, fines de semana, etc.).

El Crashing busca el equilibrio entre acortar la duración de las tareas y el incremento en el costo que esto implica. En general es aplicado cuando el ahorro en los gastos generales resultantes de reducir la duración de Proyecto son suficientes para justificar el incremento del costo al reducir las tareas individuales. El índice utilizado para medir el incremento en el costo vs. la reducción de tiempo es el siguiente [wikipediaCrash]:

$$\text{Indice de Crashing (IC)} = (\text{Costo de Crashing} - \text{Costo Normal}) / (\text{Duracion Normal} - \text{Duración con Crashing})$$



Relación Costo vs. Reducción de Tiempo [NewellGrashina04]

Según [Phillips04] el "Crashing" tiene por objetivo acelerar la Finalización del Proyecto agregando más recursos para la realización de actividades que se encuentran en el camino crítico (asumiendo que el incremento de los recursos tiene un impacto directo en los gastos). A diferencia del "Crashing", el "Fast Tracking" cambia la relación entre las actividades, permitiendo que actividades que normalmente se realizan en secuencia se realicen en paralelo.

Para [iaap] el "Crashing" se encarga de reasignar recursos de tareas no críticas a tareas críticas. Y el "Fast Tracking, se refiere al desarrollo de tareas en paralelo que originalmente estaban planificadas en serie.

## Capítulo 5

### 5 Gestión de la Calidad del Proyecto

#### 5.1 Introducción

La Gestión de Calidad es necesaria para asegurar que el Proyecto va a satisfacer las necesidades para las cuales fue emprendido [Charvat02]. Incluye los procesos necesarios para asegurar que el Proyecto satisfaga todas las necesidades para las cuales se lleva a cabo. La Gestión de Calidad del Proyecto se caracteriza por [Figueroa01] [NewellGrashina04]:

- Asegurar la conformidad en función de las expectativas.
- Asegurar conformidad a los requerimientos y especificaciones.
- Asegurar la conformidad a todas las características que permiten satisfacer la funcionalidad requerida.
- Asegurar que cada actor cumpla con los compromisos adquiridos.
- Asegurar que los errores sean detectados y corregidos durante el transcurso del Proyecto.
- Asegurar que se utilicen el diseño y la tecnología previstas para la misión.

Los procesos de la Gestión de Calidad del Proyecto que destaca [PMI04] son:

- **Planificación de la Calidad:** identificar cuáles son las normas de Calidad relevantes para el Proyecto y determinar la forma de satisfacerlas.
- **Aseguramiento de la Calidad:** evaluar el rendimiento / desempeño global del Proyecto en forma regular a fin de tener la confianza de que el Proyecto satisface las normas de Calidad relevantes.
- **Control de Calidad:** monitorear resultados específicos del Proyecto con el objeto de determinar si estos cumplen con las normas de Calidad relevantes e identificar las formas para eliminar las causas de rendimiento / desempeño insatisfactorio.

## 5.2 Conceptos de Calidad

El Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) y la Sociedad Americana de la Calidad (ASQ) en 1978 definieron Calidad "como la totalidad de las características de un producto o servicio que posee la habilidad de satisfacer las necesidades dadas" [Gillezeau04].

Se define que un Producto o Servicio tiene "Calidad Adecuada", cuando tiene la capacidad de operar por un tiempo mayor al período de garantía, dentro de parámetros normales, dentro de sus especificaciones, y estas cumplen con las expectativas de los usuarios o consumidores.

La Calidad refleja el deseo original del cliente que ha dado impulso al Proyecto, y será la variable que determine si el cliente estará satisfecho o no con los resultados [iaap].

[wikipedia] hace referencia al "**factor de Calidad del software**" como un requerimiento no funcional para un programa de software. Para [Bedini] el factor inherente sobre Calidad del software es la "Ausencia de defectos detectables en el entregable al momento de la entrega", este factor usualmente se expresa de dos maneras: tasa de defecto (Puntos de Función u otra unidad) y confiabilidad (número de fallas por "n" horas de operación, tiempo medio entre fallas u otra probabilidad de tipo 'libre de fallas por unidad de tiempo'). La satisfacción del usuario normalmente es medida por el porcentaje de satisfacción o insatisfacción. [Bedini] destaca algunas características de la Calidad:

- La Calidad debe ser mensurable.
- La Calidad debe ser predecible.
- Los factores deben ser:
  - Ausencia de defectos detectables en el entregable al momento de la entrega.
    - Satisfacción del usuario.
    - Conformidad con los requerimientos.

Para [Verzuh05] en el contexto de la administración de Proyectos, la Calidad se refiere al resultado del Proyecto y destaca dos componentes:

- **Funcionalidad:** Lo que se supone que el producto hace.

- **Rendimiento:** Como de bien trabaja la funcionalidad.

Especifica que tanto la funcionalidad como el rendimiento pueden y deben ser especificados lo antes posible. Destaca que reducir el rendimiento del producto es una forma de ajustar eventuales desvíos, asumiendo que esta estrategia generalmente tiene un aspecto positivo y un aspecto negativo:

- **Positivo:** El costo y el cronograma pueden ser reducidos porque se gasta menos esfuerzo para el Proyecto.
- **Negativo:** El costo de hacer las cosas dos veces es mucho mayor que el costo de hacerlos bien la primera vez.

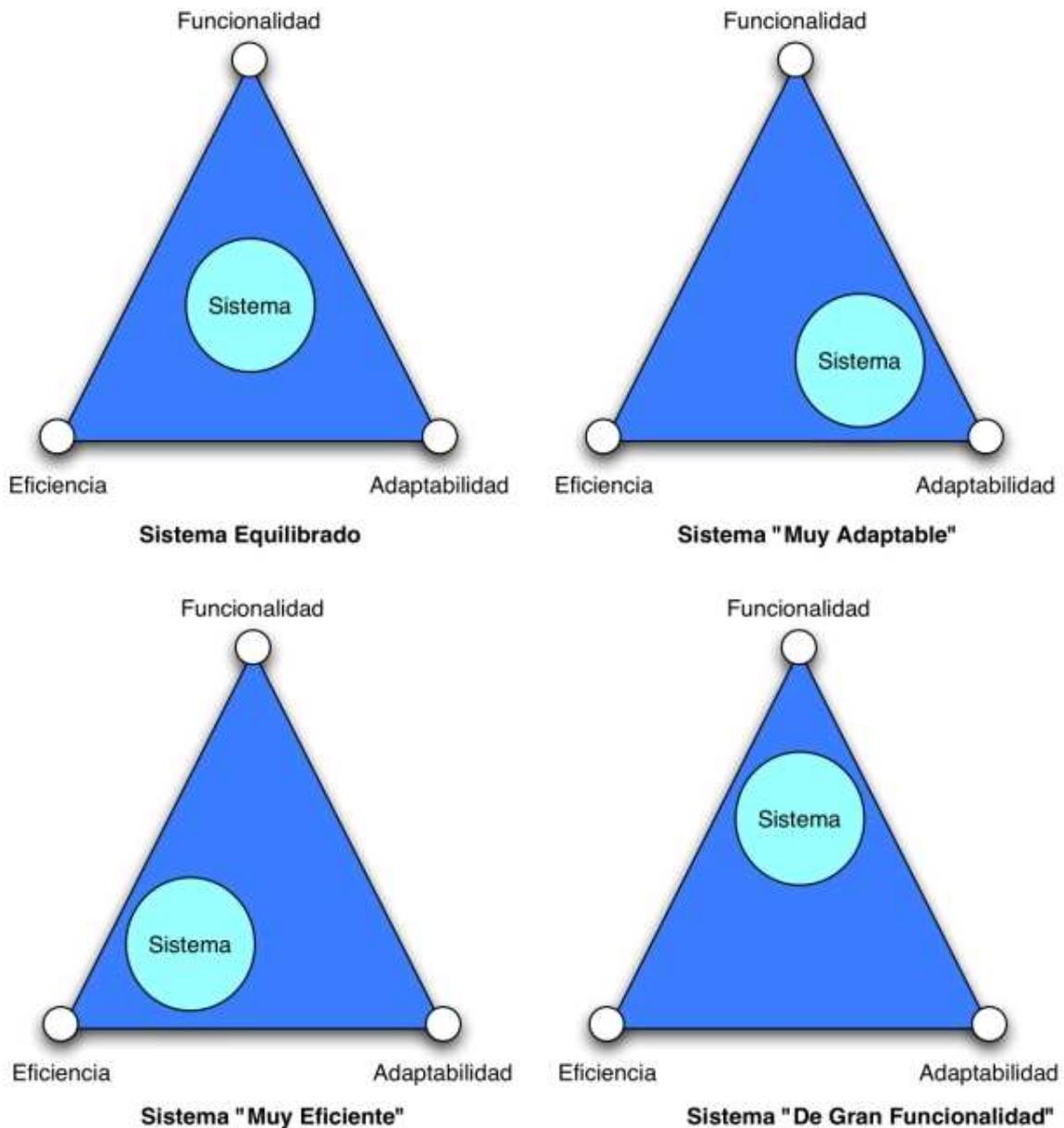
Según [Thomsett02] la Calidad es una combinación atributos los cuales pueden estar positiva o negativamente relacionados. A continuación se enumeran algunos de estos atributos y las cuestiones que plantea para los mismos:

- **Conformidad:** ¿ tiene el producto o el software todos los datos, el proceso o la funcionalidad especificada ?
- **Utilidad:** ¿ el producto o el software es fácil de usar y entender desde la perspectiva del usuario ?
- **Eficiencia:** ¿ el producto o el software hace uso del proceso, del hardware, de la base de datos u otro software de apoyo de forma eficiente ?
- **Mantenimiento:** ¿ el producto o el software es fácil de mantener ?
- **Flexibilidad:** ¿ el producto o el software es fácil de modificar o permite fácilmente incluirle nuevas funcionalidades e información ?
- **Fiabilidad:** ¿ funciona el producto o el software libre de errores ?
- **Portabilidad:** ¿ puede fácilmente el producto o el software funcionar en diferente hardware, ambiente físico o ambiente comercial ?
- **Seguridad/Auditoria:** ¿ el producto o el software es seguro para evitar accesos y modificaciones no autorizadas y a su vez puede ser fácilmente auditado ?
- **Impacto en el Trabajo:** ¿ afecta el producto o el software el volumen de trabajo existente, el control o la autonomía del área comercial ?

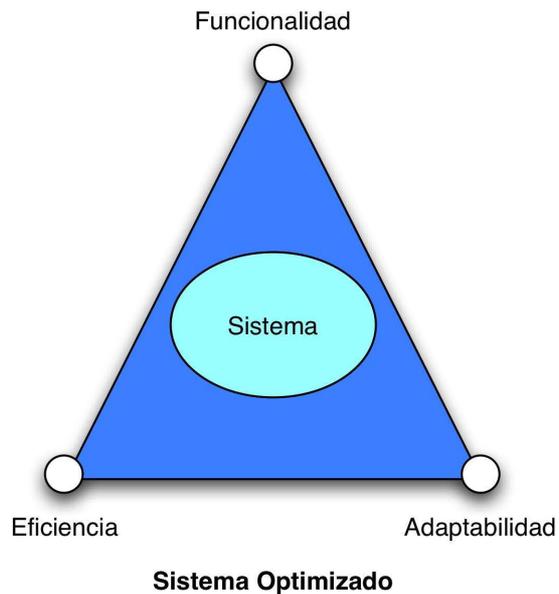
Para [Blanqué94] que hace referencia a la "Metodología VITAL" (la cual tiene por objetivo incrementar la vida efectiva de una aplicación y permitir que mucho del

esfuerzo de desarrollo pueda ser re-usado en el futuro) se destaca la relación entre las características o atributos que conforman el concepto "F.E.A.":

- **Funcionalidad**
- **Eficiencia**
- **Adaptabilidad**



Leyes F.E.A.: Las fuerzas subyacentes de un Sistema - Triángulos de Relación:  
"Funcionalidad-Eficiencia-Flexibilidad" [Blanqué94]



Triángulo de Relación:

"Funcionalidad-Eficiencia-Flexibilidad" Optimizado [Blanqué94].

A continuación se enumeran los factores SPREADS (Esparcir el Foco) que destaca [Blanqué94] cuya aplicación a los sistemas de información y a la arquitectura tecnológica de una organización, agrega LONGEVIDAD a las aplicaciones y por lo tanto produce un mejor ROI (Return On Investment):

- **Escalabilidad:** es la habilidad de una aplicación de adaptarse al volumen de uso desde un único usuario hasta todos los clientes de una compañía (internos o externos).
- **Portabilidad:** es la habilidad de una aplicación de ser ejecutada en distintas plataformas de hardware y software sin necesidad de ser re-escrita, aunque opcionalmente sí recompilada (aplicación cross-platform).
- **Re-Usabilidad:** es el intento de diseño de reducir las funciones de una aplicación a un mínimo común denominador y construirla de una manera generalizada de forma que pueda ser usada por esfuerzos de desarrollo de otras aplicaciones o en distintas partes de la misma.
- **Extensibilidad:** es la capacidad de agregar funcionalidad a procesos existentes, sin grandes impactos en el esfuerzo de implementación de los cambios, ni en las operaciones de negocios soportadas.

- **Adaptabilidad:** es la habilidad de mejorar o agregar nuevas maneras de hacer esencialmente la misma función de negocios sin mayores impactos, mejorando la calidad sin pagar un costo agregado.
- **Distributividad:** es la capacidad de esparcir y balancear la carga computacional pudiendo tener módulos individuales de software que tienen funciones específicas localizados en cualquier parte de un entorno de red y sin embargo comportarse como una única aplicación desde el punto de vista funcional
- **Compatibilidad:** es la habilidad de componentes de software individuales de ser usados por múltiples "módulos clientes", generalmente su interfase esta basada en pasaje de mensajes.

### 5.2.1 Calidad vs. Grado

- **Calidad:** es "la totalidad de las características de una entidad que se mantiene en su capacidad para satisfacer las necesidades declaradas o implícitas". Las necesidades declaradas o implícitas son las entradas para el desarrollo de los requerimientos del Proyecto [PMI04] [Phillips04].
- **Grado:** es "una categoría o rango que se les otorga a las entidades que tienen el mismo uso funcional, pero diferentes características técnicas". La baja Calidad es siempre un problema, pero el bajo grado puede no serlo. Por ejemplo, un producto de software puede ser de alta Calidad (no tiene errores lógicos, la documentación es clara) y grado bajo (un limitado número de características), o bien puede ser de baja Calidad (muchos errores, documentos de usuario mal organizados) y de alto grado (numerosas características) [PMI04] [Phillips04].

### 5.2.2 Principios de la Administración de Calidad

A continuación se enumeran algunos principios que destacan [NewellGrashina04] y [PMI04]:

Según [NewellGrashina04] algunas características que destacan a una buena Administración de Calidad son:

- Eliminar la necesidad de inspección.
- Mejorar constantemente.

Por su parte [PMI04] reconoce la importancia de una buena Administración de Calidad en los siguientes frentes:

- **Satisfacción del Cliente:** entender, gestionar e influenciar las necesidades de manera que se cumplan las expectativas del cliente. Lo anterior requiere una combinación de cumplimiento de los requerimientos (el Proyecto debe generar lo que se especificó que se generaría) e idoneidad de uso (el producto o servicio producido debe satisfacer las verdaderas necesidades).
- **Prevención vs. Inspección:** el costo de prevenir los errores es siempre mucho menor que el costo de corregirlos cuando son detectados a través de las inspecciones.
- **Responsabilidad de la Administración:** el éxito requiere de la participación de todos los miembros del equipo, pero sigue siendo la responsabilidad de la administración proveer los recursos necesarios para tener éxito.
- **Los procesos dentro de las fases:** el ciclo continuo de planificar -> realizar -> revisar -> Actuar.

## 5.2.3 Tres Expertos en Calidad

### 5.2.3.1 W. Edwards Deming

Para poder medir la Calidad desde 1927 hasta 1940 W. Edwards Deming promovió el uso de la estadística y métodos de muestreo [Kerzner01].

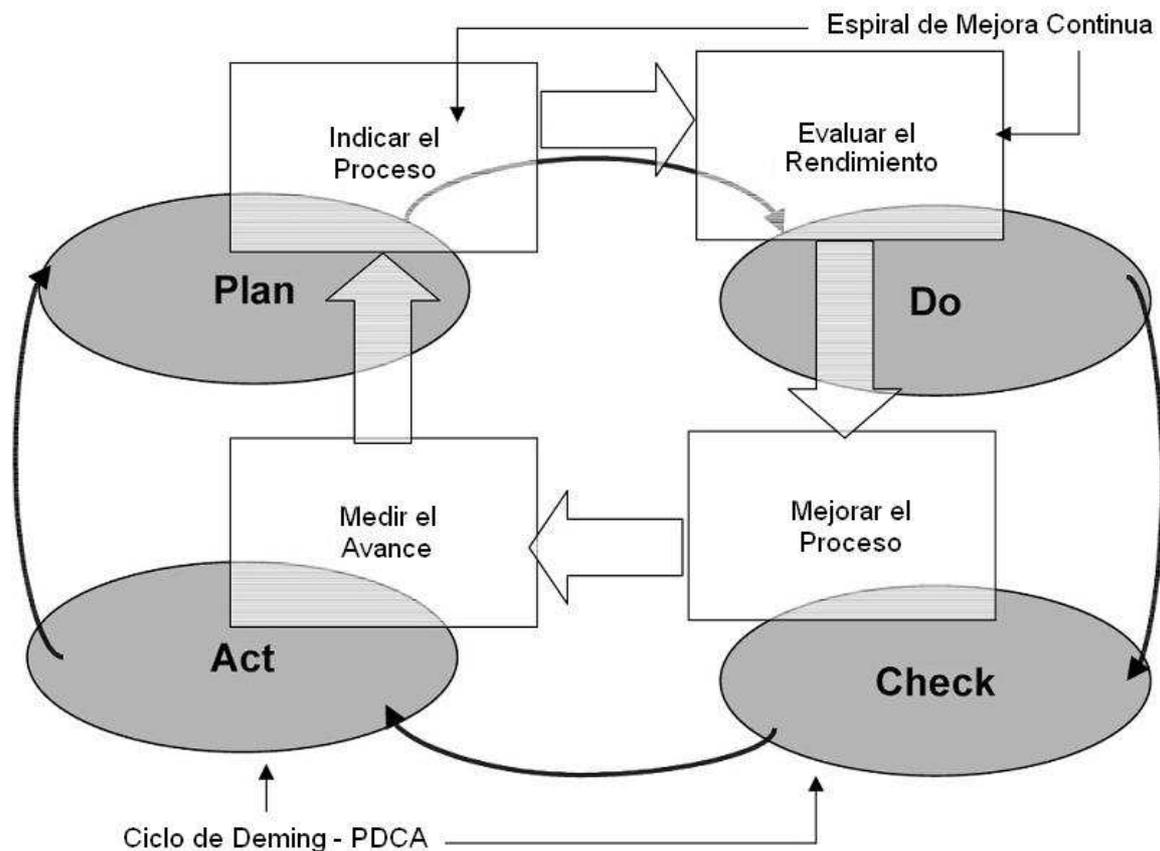
Deming afirmó que la Calidad de cualquier producto o servicio sólo la puede definir el cliente. Plantea que la Calidad es un termino relativo que cambia de significado dependiendo de las necesidades del cliente y que para cumplir o exceder las necesidades de los mismos, los directivos deben entender la importancia de los métodos estadísticos [Suárez].

Deming definió Calidad como "Cero Defectos" o "Reducción del Ajuste". Planteó que la búsqueda de Calidad resulta en disminución de costos y aumento de la productividad [Harvard90].

Deming plantea el concepto de Mejora Continua como el Ciclo de **Planificar – Realizar – Controlar - Mejorar**. Subraya que la inspección al final del proceso llega demasiado tarde y cuesta mucho. En función de esto plantea cambiar la detección por la prevención. Según Deming, el enfoque de prevención de Calidad se consigue con el análisis, el control y la mejora del proceso. Afirma que no existen dos cosas iguales, puesto que la variación es inherente a cualquier cosa que hacemos. Deming define la Calidad en relación con las necesidades presentes y futuras del cliente, resalta el pensamiento estadístico y el uso de los métodos estadísticos [Suárez].

Según [wikipediaPDCA] el Ciclo PDCA (**Plan, Do, Check, Act** en inglés o **Planificar, Hacer, Verificar, Actuar** en español) es conocido como el "Círculo de Deming" en honor al estadístico estadounidense W. Edwards Deming. También se denomina Espiral de Mejora Continua. El mismo es una estrategia de mejora continua de Calidad compuesto de cuatro pasos.

A continuación se enumeran las tareas que componen cada uno de los cuatro procesos del Ciclo de Deming – PDCA [wikipediaPDCA]:



Ciclo de Calidad Deming - PDCA [NewellGrashina04]

### PLAN (Planificar):

- Identificar el proceso a mejorar.
- Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Establecer los objetivos de mejora.
- Detallar las especificaciones para los resultados esperados.
- Definir los procesos necesarios para conseguir los objetivos, verificando las especificaciones.

### DO (Hacer):

- Ejecutar los procesos definidos en el paso anterior.
- Documentar las acciones realizadas.

**CHECK (Verificar):**

- Después de un período de tiempo estipulado, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales para evaluar si se ha producido la mejora esperada.
- Documentar las conclusiones.

**ACT (Actuar):**

- Si es necesario, modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales.
- Si se detectaron nuevas mejoras en el paso anterior, aplicarlas.
- Documentar el proceso.

### 5.2.3.2 Joseph M. Juran

Juran define la Calidad como "la Aptitud para el Uso". Donde la Aptitud se puede definir en términos de diseño, disponibilidad, conformidad, seguridad, etc. [Harvard90]. Según [Suárez] Juran plantea un equilibrio entre las características de los productos y los productos libres de defectos. Define el término "producto" como el resultado de cualquier proceso, lo que incluye tanto los bienes como los servicios. Por "características" se refiere a las propiedades tecnológicas de un producto diseñadas para satisfacer las necesidades del cliente. El segundo elemento de la definición de Calidad de Juran trata de los "productos sin deficiencias". Según Juran, estos fallos causan problemas a los clientes que, como consecuencia, están insatisfechos. Según Juran cualquier persona que tenga relación con el producto se considera un Cliente. Este grupo incluye a aquellos que tratan con el producto en las fases de desarrollo, los clientes internos y los usuarios finales. Según Juran la Mejora de la Calidad incluye:

- Identificar las actividades que podrían ajustarse a los objetivos de aptitud de uso establecidos por la organización.
- Asignar las actividades a los departamentos y organizaciones necesarias.
- Proporcionar las instalaciones e instrumentos necesarios para llevar a cabo estas actividades.
- Realizar las actividades asignadas dentro de los departamentos designados.
- Asegurarse de que estas actividades se realizan debidamente.
- Coordinar las actividades de los departamentos.

[Kerzner01] [Suárez] hacen referencia a la "Trilogía Juran" como un enfoque sistemático para la Gestión de Calidad. La "Trilogía Juran" para la Gestión de Calidad consiste en tres procesos de Calidad interrelacionados:

Planificación de la Calidad.

Control de la Calidad.

Mejora de la Calidad.

La Planificación de la Calidad comprende el proceso que tiene por objetivo conseguir los objetivos previstos. La responsabilidad de las personas que trabajan en la fase de planificación es determinar quienes son los clientes y cuales son sus necesidades y expectativas. El control de la Calidad se preocupa de mantener las ganancias y de no

dejar que aumenten las pérdidas. Los procesos de control tratan los picos esporádicos en la variación; si fuera necesario, las personas que trabajan en este proceso crearán equipos para determinar las causas de cualquier variación anormal en el proceso. Las personas involucradas en la mejora de la Calidad se preocupan de bajar el costo de la mala Calidad en los procesos existentes y son responsables de la utilización de las lecciones aprendidas al buscar nuevos modos para conseguir mejores niveles de ejecución.

### **5.2.3.3 Phillip B. Crosby**

Crosby define la Calidad como "La Conformidad con los Requerimientos". Plantea que siempre es deseable un mínimo nivel de defectos, teniendo en cuenta que los costos de prevención siempre van a ser más bajos que los costos de corrección [Harvard90].

Según [Suárez] para Crosby, la Calidad debe definirse con términos claramente expresados y que a su vez se puedan medir. Plantea que se debe medir la Calidad averiguando continuamente el costo de hacer las cosas mal (lo que se denomina "Precio de No Conformidad"). Crosby desarrolla la siguiente fórmula:

***"Costo de Calidad" = "Precio de Conformidad" + "Precio de No Conformidad"***

El "Precio de Conformidad" se refiere al costo de hacer las cosas bien la primera vez. El "Precio de No Conformidad" proporciona información en relación con el costo perdido por no hacerlo.

El "Costo de Calidad" es el desperdicio de volver a hacer las cosas, de realizar inspecciones, de realizar pruebas y actividades necesarias debido a los problemas por no cumplir con los requisitos [Gillezeau04].

La base del enfoque de Crosby es la prevención se centra en hacer las cosas bien la primera vez y todas las demás veces. No hay lugar en su filosofía para diferentes niveles de Calidad o Categorías de Calidad. Subraya que la forma de gestionar la Calidad no es detectar y comprobar sino PREVENIR. Asegura que la Calidad se consigue previniendo los defectos y ajustándose a los requisitos. Para lograr esto, los requisitos deben ser consensuados y los responsables deben saber cómo conseguirlos.

La prevención requiere pensar, planificar y analizar los procesos para anticipar dónde podrían ocurrir los errores y entonces tomar medidas para evitar que ocurran [Suárez].

Fundamentos de la Calidad según el enfoque de Crosby [Kerzner01]:

- Calidad es conformidad con los requerimientos.
- El sistema de la Calidad es la Prevención:
- La norma de actuación es "Cero Defectos" ("Hacerlo Bien la Primera Vez"):
- La medición de la Calidad es el Precio de No Conformidad.

Fundamentos de la Calidad según el enfoque de Crosby [Gillezeau04]:

- Calidad significa cumplimiento con los requisitos y no elegancia.
- No existe tal cosa como un "problema de Calidad".
- No existe la "economía de la Calidad", siempre resulta más económico hacer bien las cosas desde la primera vez.
- La única medida de desempeño es el Costo de la Calidad.
- El único estándar de desempeño es el de "Cero Defectos".

### 5.3 Planificación de la Calidad

Planificar la Calidad significa identificar cuáles son las normas de Calidad relevantes para el Proyecto, y determinar cómo satisfacerlas [PMI04]. Al momento de realizar la planificación de Calidad del Proyecto, es necesario conseguir todos los documentos que describen los estándares y regulaciones que vamos a usar, como así también la documentación que describe los requerimientos producto del Proyecto [NewellGrashina04].

Según [JuranGodfrey98] la Planificación de la Calidad del Proyecto implica:

- Establecer de forma clara todos los objetivos.
- Asegurar la identificación sistemática de todos los usuarios.
- La identificación de las necesidades de cliente necesarias para lograr un buen diseño del producto y dar respuesta a las mismas.

Para [Charvat02] la Planificación de la Calidad tiene como objetivo describir como el equipo de Proyecto debe poner en práctica su política de Calidad y ayudar a que todos sus miembros entiendan sus roles y sus responsabilidades en la búsqueda de Calidad.

#### 5.3.1 Factores a Considerar al Planificar la Calidad

"La dificultad de definir la Calidad se encuentra en traducir las necesidades futuras del usuario en características que se puedan medir, de tal modo que un producto se pueda diseñar y resulte satisfactorio a un precio que el usuario este dispuesto a pagar" [Suárez].

Según [JuranGodfrey98] el proceso de planificación de la Calidad del Proyecto es necesario para evitar el fracaso de productos y servicios. Se refiere al "GAP de Calidad" como la diferencia entre lo deseado y lo real.

El "GAP de Calidad" esta compuesto por subcomponentes [JuranGodfrey98]:

- El primer componente del "GAP de Calidad" es el gap de **entendimiento**, es decir la carencia del entendimiento acerca de lo que el cliente necesita. Plantea

que generalmente este GAP se abre porque quien genera el producto simplemente deja de considerar quien es el usuario o que es lo que este necesita.

- El segundo componente del "GAP de Calidad" es el gap de **diseño**. En general se debe a que las personas que realizan el relevamiento están aisladas de las personas que realizan los diseños.
- El tercer componente del "GAP de Calidad" es el gap de **proceso**. Muchos buenos diseños fallan porque el proceso por cual el producto es creado o el servicio es entregado no se realiza de forma correcta.
- El cuarto componente del "GAP de Calidad" es el gap de **operaciones**. Los medios por los cuales el proceso es operado y controlado pueden generar carencias adicionales en el entregable final (producto o servicio).
- El quinto componente del "GAP de Calidad" es el gap de **percepción final** que al igual que el gap de entendimiento también proviene del fracaso al entender al cliente y sus necesidades.

### 5.3.2 Formato y Componentes del "Plan de Administración de Calidad"

El objetivo del Plan de Calidad es enunciar los estándares de Calidad para el Proyecto y los criterios de Calidad que son usados para determinar si el entregable es completo y correcto. La Calidad puede ser definida por: los stakeholders (interesados), el equipo de Proyecto, los sponsors del Proyecto, por estándares de la industria o por una combinación de éstos [Heldman03].

[Tinnirello01] destaca la importancia de la definición clara de los objetivos de Calidad y Productividad como así también de una explicación sólida del valor de la misma en el Alcance de los Objetivos para el éxito de la Gestión de Calidad.

Para [Wysocki03] el Administrador del Proyecto es el responsable final por la Calidad del Proyecto, la cual que se compone de:

- La Calidad del Producto, servicio o proceso que es el entregable final del Proyecto.
- La Calidad de la Gestión del Proyecto en sí misma.

### 5.3.2.1 Formato del "Plan de Administración de Calidad"

Plan de Administración de Calidad	
<b>I. Información General del Proyecto</b>	
Nombre del Proyecto: _____	Número del Proyecto: _____
Nombre del Administrador del Proyecto: _____	Fecha: _____
<b>II. Visión General del Proyecto</b>	
<b>III. Estándares de Calidad y Regulaciones</b>	
<b>IV. Criterios de Calidad</b>	
<b>V. Procedimientos de Aseguramiento de la Calidad</b>	
<b>VI. Roles y Responsabilidades en la Administración de Calidad</b>	
<b>VII. Firmas</b>	

Formato y Componentes del "Plan de Administración de Calidad" [Heldman03]

### 5.3.2.2 Componentes del "Plan de Administración de Calidad"

- **Información General:** Nombre del Proyecto, Nombre del Administrador de Proyecto, Número de Proyecto, Fecha.

- **Visión General del Proyecto:** Describe la visión general del Proyecto incluyendo las metas más importantes.
- **Estándares de Calidad y Regulaciones:** Describe las políticas de Calidad y regulaciones a seguir por el equipo de Proyecto.
- **Criterios de Calidad:** Describe en detalle la lista de criterios de Calidad necesarios para que los entregables se consideren completados y correctos.
- **Procedimientos de Aseguramiento de la Calidad:** Enumera las actividades y procesos que serán utilizados para monitorear el cumplimiento de los criterios de Calidad.
- **Roles y Responsabilidades en la Administración de Calidad:** detalla los roles y responsabilidades de los responsables de las actividades de Calidad.
- **Firmas:** incluye la firma de los sponsors, el Administrador del Proyecto y los responsables del Aseguramiento de la Calidad.

Según [Charvat02] es necesario crear y distribuir a todos los involucrados en el Proyecto un Plan con los siguientes componentes:

- Objetivos de Calidad dentro del ámbito del Proyecto.
- Roles y responsabilidades.
- Requerimientos de documentación.
- Procedimientos de verificación de la Calidad.
- Estándares aplicables.
- Instrumentos, técnicas y metodologías a ser empleadas.

### 5.3.3 Costos de la Calidad

Según [Phillips04] el costo de Calidad considera el gasto de todas las actividades dentro de un Proyecto para asegurar la Calidad. Destaca dos Tipos de Costo:

- **El Costo de la Conformidad a los Requerimientos:** es el costo de completar el trabajo del Proyecto para satisfacer el alcance del mismo y el nivel esperado de la Calidad. Los ejemplos de este costo incluyen capacitación, controles y actividades de Administración de Calidad para asegurar que la Calidad es encontrada.

- **El Costo de la No Conformidad:** es el costo de completar el trabajo del Proyecto sin Calidad. El punto más importante es el dinero perdido resultante de rehacer el trabajo del Proyecto (es siempre más rentable hacer bien el trabajo la primera vez).

[Kerzner01] [Heldman03] coinciden en que verificar que un producto o servicio cumple con los requerimientos del cliente implica un costo de Calidad. Este costo se puede clasificar en "**costo de conformidad**" y "**costo de no conformidad**." Los costos de conformidad incluyen capacitación, verificación, validación, pruebas, mantenimiento, ajustes y auditorías. Los costos de no conformidad están relacionados con el re-trabajo. También destacan otro tipo de Costos:

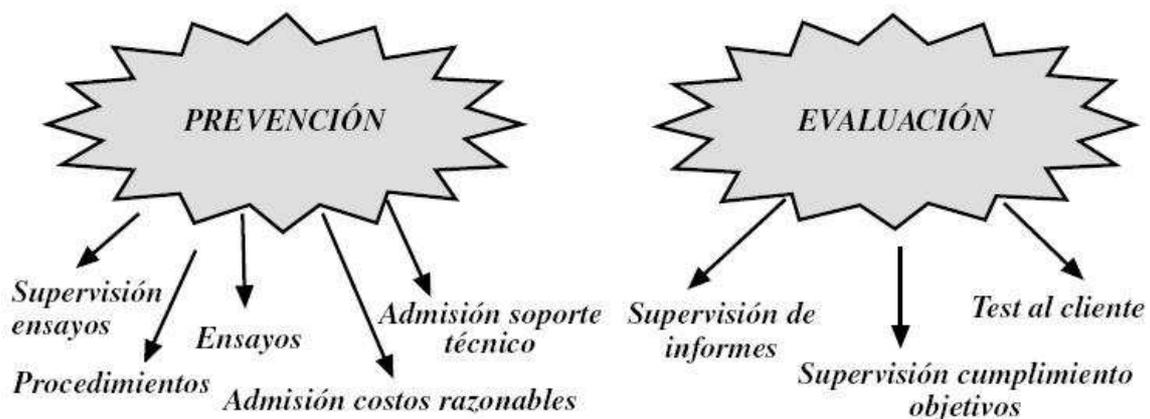
- **Los Costos de Prevención:** son los costos orientados hacia la satisfacción de los requerimientos del cliente logrando un producto sin defectos sin la necesidad de re-trabajo. Incluye costos de revisión del diseño, capacitación, planificación de Calidad.
- **Los Costos de Valoración:** son costos asociados con la evaluación del producto o proceso para averiguar como de bien se realizaron todos los requerimientos del cliente. Incluye costos de inspección de producto, pruebas de proceso y revisiones de diseño internas y externas.

Para [iaap] los Costos de la Calidad son aquellos en que incurre el Proyecto para mejorar los entregables comprometidos:

- **Costos de Prevención:** están causados por las medidas tomadas en el Proyecto para prevenir defectos o problemas en los entregables, evitando la aparición de errores. En un Proyecto de software esto sería por ejemplo implementar una metodología de desarrollo consistente.
- **Costos de Evaluación:** están causados por las medidas tomadas para evaluar los entregables una vez producidos y corregirlos si es necesario. En un Proyecto de software esto sería por ejemplo dedicar recursos a las pruebas de integración del sistema una vez desarrollado.
- **Costo de Cumplimiento:** es el costo del grupo de tareas insertas en el plan del Proyecto destinadas a la Administración de Calidad en el proceso de construcción de los entregables.

- **Costo de No-Cumplimiento:** es el costo incurrido durante el Proyecto o después de este, como consecuencia de no cumplir con la Calidad en la construcción de los entregables.

[Figuroa01] destaca el **Costo de Prevención** como los costos que se toman para evitar la aparición de errores y el **Costo de Evaluación** como el tiempo y los costos asociados, necesarios para comprobar el grado de satisfacción del cliente.



Costos de la Calidad [Figuroa01]

[Gillezeau04] clasifica a los Costos de Calidad en: Costos de Prevención, Costos de Evaluación y Costos por Fallas (internos y externos):

- **Los Costos de Prevención:** son aquellos que se producen al intentar reducir o evitar fallos: Costos de capacitación, investigación, revisión de diseño, reuniones de Calidad, evaluación de proveedores, revisión de especificaciones y entrenamiento para la operación.
- **Los Costos de evaluación:** se producen al efectuar comprobaciones para conocer el nivel de Calidad: auditorias, inspecciones, homologación y revisiones de Calidad, ensayos, etc.
- **Los Costos por Fallas:** son también conocidos como «Costos de no Calidad». Estos pueden dividirse en fallos internos y fallos externos. Serían fallos internos los siguientes: reproceso, reinspección de los productos en que se han cometido errores, etc. Los Costos típicos por fallos externos son los siguientes: análisis de averías, imagen negativa, etc.

## 5.4 Aseguramiento o Garantía de la Calidad

Aseguramiento de la Calidad son todas las actividades planificadas y sistemáticas que se implementan dentro del sistema de Calidad con el objeto de dar confianza de que el Proyecto va a satisfacer las normas de Calidad relevantes [PMI04]. El Aseguramiento de la Calidad es realizado con el objetivo de asegurar que el producto resultante del Proyecto cumple con los estándares aceptados. El Aseguramiento de la Calidad debe ser realizado durante todo el Proyecto [NewellGrashina04].

[Figueroa01] se refiere al Aseguramiento de la Calidad como el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los requisitos de Calidad. El Aseguramiento de la Calidad tiene por objetivo asegurar que se van a realizar todas las acciones necesarias para una buena gestión del Proyecto y evitar la presencia de errores.

Para [Charvat02] el Aseguramiento de la Calidad tiene por objetivo validar y probar la solución contra las especificaciones iniciales del Proyecto. El Aseguramiento de la Calidad es una función integral que supervisa y coordina la Calidad usada dentro del ciclo de vida de la Gestión del Proyecto evaluando los procesos y procedimientos. El Aseguramiento de la Calidad implica la planificación, el diseño, el trabajo, y los procedimientos necesarios de asegurar que el producto o servicio es adecuado para su objetivo.

Según [Kerzner01] a partir de principios de los años 50's y finales de los años 60's, el control de la Calidad evolucionó en el Aseguramiento de Calidad, con foco en evitar problemas en lugar de descubrirlos.

### 5.4.1 Consideraciones en el Aseguramiento de la Calidad

[Taylor04] enumera algunas Consideraciones en el Aseguramiento de la Calidad:

- **Pruebas:** el Aseguramiento de la Calidad se basa en pruebas e inspecciones para determinar la viabilidad del diseño y el desarrollo. Realizar pruebas durante todo el ciclo de vida del Proyecto resulta en menos defectos y la convergencia más rápida a la finalización del producto y aceptación de cliente.

- **Revisiones técnicas:** son revisiones para determinar como el Proyecto avanza con relación al plan. Analizan las tareas individuales y su avance según los requerimientos y el diseño. Es necesario encontrar un equilibrio entre las revisiones técnicas que aseguran la integridad de producto y la interferencia con el progreso del Proyecto.
- **Diseño de Calidad:** El diseño de Calidad en el producto desde el inicio del Proyecto, reduce considerablemente la necesidad de re-trabajo y generalmente mejora el producto final. Una consideración importante es la simplicidad del diseño. Los desarrolladores de software conocen la importancia de diseños simples y rutinas simples, los cuales tienen relación directa con la introducción de errores y defectos.

#### 5.4.2 Reglas y Principios en el Aseguramiento de la Calidad

[Thomsett02] enumera algunas Reglas en el Aseguramiento de la Calidad:

- Los desarrolladores determinan cuando el producto está listo para la revisión.
- Todo lo nuevo debe ser examinado.
- El Aseguramiento de la Calidad comienza cuando el Proyecto comienza.
- Las revisiones deben ser cortas (una o dos horas), acotadas (entregables no muy grandes) y regulares (diariamente).
- Las revisiones identifican problemas, pero no los resuelven.
- Las revisiones deben implicar a la gente externa al equipo del Proyecto (interesados, usuarios, etc.).
- Las revisiones formales deben generar informes y deben ser realizadas por un responsable designado.
- Las revisiones de Aseguramiento de la Calidad deben concentrarse en entregables principales.

[Thomsett02] enumera algunos Principios en el Aseguramiento de la Calidad:

- La gente que desarrolla el producto, servicio o sistema es responsable de la Calidad.
- La Calidad no debe ser inspeccionada tiene que estar incorporada.
- La Calidad está en los detalles.

- La mejora de Calidad es conseguida incrementalmente por pequeños cambios.
- La mejora de Calidad requiere recursos y costos que son amortizados a largo plazo.
- La Calidad mejora la productividad.

Por su parte [Calderón] destaca los siguientes principios:

- La Garantía de Calidad se orienta hacia la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente / usuario.
- La Garantía de Calidad se concentra en los sistemas y procesos de prestación de servicios.
- La Garantía de Calidad utiliza información para analizar los procesos de prestación de servicios.
- La Garantía de Calidad alienta un enfoque de trabajo en equipo para la solución de problemas y mejora de la Calidad
- La Garantía de Calidad es un proceso sistemático para cubrir la brecha entre el desempeño real y los resultados esperados.
- La Garantía de Calidad es el conjunto de actividades que se llevan a cabo para fijar normas, vigilar y mejorar el desempeño de tal manera que la atención prestada sea lo más eficaz y segura posible.

#### **5.4.3 Tareas en el Aseguramiento de la Calidad en el Proyecto**

[Charvat02] enumera algunas de las tareas del responsable del Aseguramiento de la Calidad en el Proyecto:

- Participar en el proceso de administración de cambio para medir el riesgo de introducirlos durante pruebas de aceptación.
- Asistir al equipo de testing en el aislamiento de la fuente de discrepancias entre resultados de prueba esperados y actuales. Si el error está en el diseño del sistema, analizar a detalle los efectos de cualquier cambio de diseño.
- Preparar el escenario para las pruebas de aceptación.
- Validar que las pruebas requeridas sean realizadas.
- Examinar los resultados de la prueba de aceptación.

- Asegurar que la introducción de nuevos módulos se realiza según los procedimientos establecidos.
- Analizar e informar los resultados de las pruebas.
- Comparar todos los resultados de prueba con resultados esperados y documentar todos los defectos detectados.

## 5.5 Control de la Calidad

Un sistema de la Calidad debe ser revisado y comparado con sus objetivos en forma periódica, utilizando elementos de medición a fin de monitorear su desempeño, orientándose siempre hacia la toma de las mediciones que considera relevantes para medir la consecución de sus metas y objetivos teniendo en cuenta que [Gillezeau04]:

Si los resultados no se miden, no se sabrá si se ha logrado el éxito esperado en la corrección de una falla.

Si no se puede reconocer una falla, no se puede corregirla.

Si no se puede ver el logro, no se puede recompensarlo y se estará premiando la falla.

Según [PMI04] y [Phillips04] el Control de Calidad implica monitorear los resultados específicos del Proyecto de forma tal de determinar si estos cumplen con las normas de Calidad establecidas e identificar las formas que permitan eliminar las causas de resultados insatisfactorios. Este proceso se debe llevar a cabo durante todo el Proyecto. El mismo no solo implica el Control del producto que el Proyecto crea, sino también de los procesos de administración del Proyecto. El Control de Calidad mide rendimiento, cronograma y desvíos de costo. [PMI04] enumera conceptos asociados al Control de Calidad:

- Prevención (evitar los errores del proceso) e inspección (evitar los errores de parte del usuario).
- Muestreo de atributos (el resultado cumple o no cumple) y el muestreo de variables (el resultado se clasifica en una escala continua que mide el grado de cumplimiento).
- Causas especiales (eventos inusuales) y causas aleatorias (variación normal del proceso).
- Tolerancias (el resultado es aceptable si este clasifica dentro del rango especificado por la tolerancia) y los límites de Control (el proceso está Controlado si el resultado está dentro de los límites de Control).

Para [iaap] el Control de la Calidad es posible solamente si se parte de especificaciones claras, previamente definidas y conocidas por todas las partes involucradas. El Control de Calidad del Proyecto compara los entregables que se están construyendo con las especificaciones y verifica que las mismas se cumplan. El Control de la Calidad se hace

mediante análisis y estudios periódicos, aplicando las técnicas de observación y documentación.

El objetivo principal del Control de Calidad es detectar y corregir los errores que surgen durante el proceso de desarrollo de un producto, así como garantizar que el producto final responde a las expectativas del cliente [CarreiraRomán].

Para [Heldman03] la inspección utilizada en el Control de Calidad implica mirar los resultados y medirlos o probarlos para determinar si los mismos encuentran los requerimientos o estándares de Calidad definidos en el plan. Las inspecciones son necesarias para demostrar la conformidad a los requerimientos [Phillips04].

Según [Charvat02] el Control de Calidad compara el producto a la especificación con el objetivo de identificar y corregir errores. Se realiza la inspección de productos terminados para asegurar que los mismos se encuentran dentro de los estándares requeridos o son adecuados para su objetivo. [Charvat02] plantea que deben realizarse periódicamente auditorias para verificar que los procesos y los procedimientos están en la conformidad y que las reuniones de revisión de Calidad necesarias son establecidas para examinar y hacer ajustes correctivos al Proyecto.

[Phillips04] hace referencia al Benchmarking en la Administración de Calidad del Proyecto como la comparación de un Proyecto con otros. El objetivo del Benchmarking o referencia es evaluar las diferencias entre Proyectos y luego hacer acciones correctivas al Proyecto que se está ejecutando o para tomar como referencia en proyectos futuros.

### **5.5.1 Revisiones e Inspecciones**

Las inspecciones incluyen actividades como medición, revisión y prueba que se llevan a cabo con el objeto de determinar si los resultados cumplen o no con los requerimientos. Las inspecciones se pueden realizar a cualquier nivel (se pueden inspeccionar los resultados de una sola actividad, o bien se puede inspeccionar el producto final del Proyecto) [PMI04].

Según [Thomsett02] las Revisiones se dividen en cuatro tipos:

- **Revisiones técnicas:** las revisiones técnicas implican un pequeño equipo de personas que representan: a los stakeholders (interesados) y miembros del equipo de Proyecto que examinan el producto sin la presencia de los desarrolladores. Para [csiTP] el objetivo de la Revisión Técnica es evaluar un producto intermedio para comprobar que el desarrollo se ajusta a sus especificaciones y que se está elaborando de acuerdo a las normas, estándares y guías aplicables al Proyecto. Una vez fijado sobre qué productos intermedios se llevarán a cabo las revisiones, se recoge la información necesaria de cada producto para poder establecer los criterios de revisión y más adelante, evaluar si el producto cumple las especificaciones.
- **Walkthroughs:** denominadas simulaciones estructuradas, son similares en su estructura a las revisiones técnicas, a diferencia de que el desarrollador recorre el producto en conjunto con el equipo de revisión.
- **Inspecciones:** las Inspecciones son walkthroughs o revisiones técnicas realizadas utilizando checklists. Los checklists de inspección enumeran errores comunes y componentes críticos.
- **Revisiones Rápidas:** Esta técnica de revisión generalmente involucra a equipos más grandes que las otras técnicas de revisión. Las mismas son ideales para examinar entregables grandes. Una Revisión Rápida típica requiere a 10 o más personas. El entregable se divide en segmentos que son examinados y se les marcan los errores o comentarios. Cuando un segmento fue revisado, se realiza un resumen con los errores identificados. El proceso es repetido hasta que el entregable completo es examinado.

Para [PMI04] una Revisión Estructurada o Auditoria de Calidad, se utiliza para determinar si las actividades del Proyecto cumplen con los procesos y procedimientos establecidos. El objetivo es identificar las lecciones aprendidas que pueden mejorar el rendimiento del Proyecto.

## 5.5.2 Herramientas para el Control de Calidad del Proyecto

### 5.5.2.1 Tablas o Matrices de Datos

Según [Kerzner01] las Tablas o Matrices de Datos proporcionan un método sistemático para relevamiento y visualización de información. Permiten acceder de forma eficiente a los datos organizándolos para análisis y demostración y poder realizar revisiones preliminares. Plantea que el diseño de las Tablas o Matrices de Datos debe ser "Simple de entender". Para [Nuñez] se utilizan para registrar y compilar datos de forma sencilla y sistemática, mediante la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. [Nuñez] coincide con [Kerzner01] en que se deben construir de forma que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro. Las Tablas o Matrices de Datos se caracterizan por [Nuñez]:

- Suponen un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente.
- Reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.
- Se utilizan tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en el relevamiento y análisis de datos para probar hipótesis.
- También se usan como punto de partida para la elaboración de gráficos que facilitan la visualización de la información.

DEFECTOS	EQUIPOS DE DESARROLLO				TOTAL
	A	B	C	D	
Tipo de Defecto 1	////	/	///	//	10
Tipo de Defecto 2	/////	//	/	/////	13
Tipo de Defecto 3	///			//	5
Tipo de Defecto 4	/	///	//		6
....	//	/	///	/	7
Tipo de Defecto N	///	//	/	///	9
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>50</b>

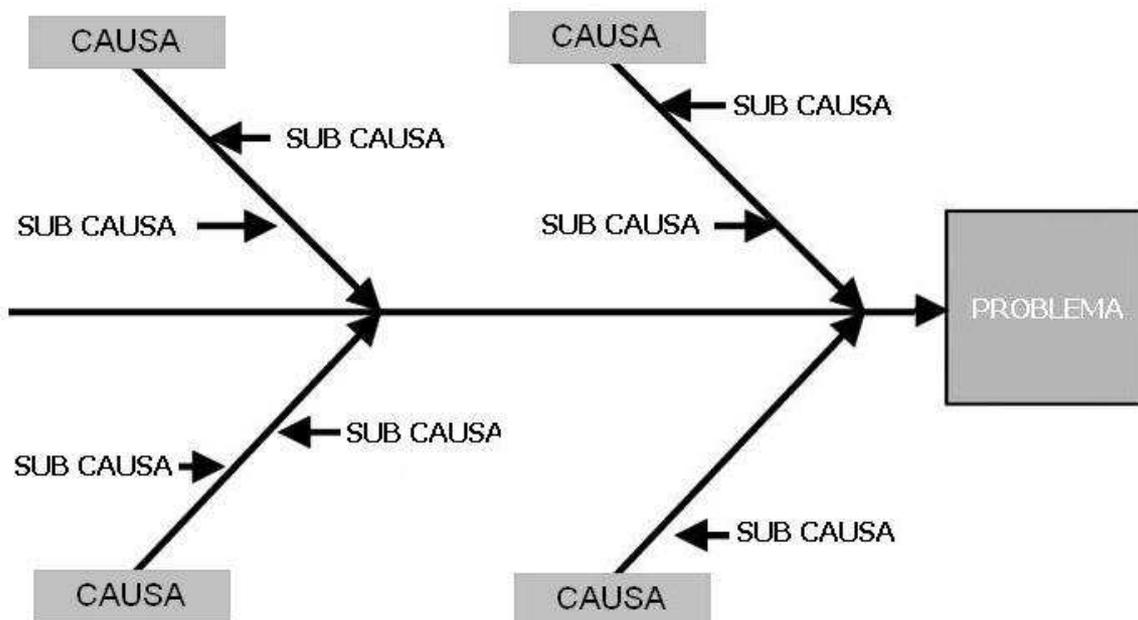
Tabla o Matriz de Datos – Ejemplo

### 5.5.2.2 Diagrama de Causa/Efecto

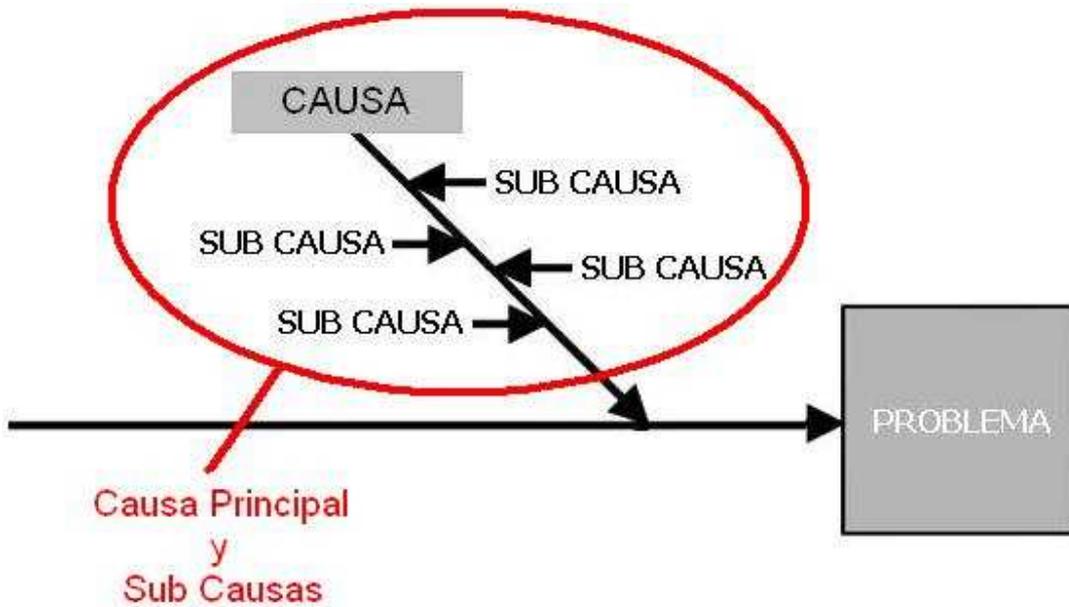
Al igual que se desarrolló en el Análisis de Riesgos, los Diagramas de Causa/Efecto se utilizan para el Control de Calidad en los Proyectos.

[Kerzner01] identifica tres tipos de Análisis mediante el Diagrama de Causa/Efecto a utilizar en el Control de Calidad:

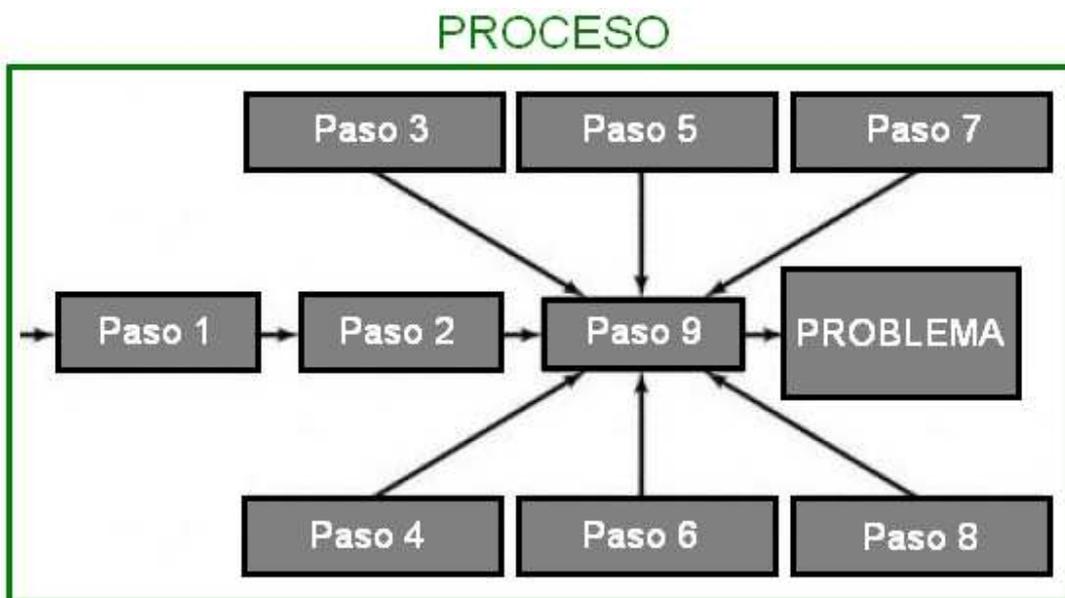
- **Método Aleatorio:** Se enumeran las causas principales que determinan el problema que se está analizando. Luego se identifican las sub-causas posibles relacionadas con cada una de las causas principales.



- **Método sistemático:** El análisis se enfoca en una causa principal a la vez en función de la importancia de las mismas. Sólo después de completar la más importante se analiza la siguiente causa más importante. Para [NewellGrashina04] el equipo de Proyecto tiene que seleccionar el problema, clasificar los motivos y colocarlos en el diagrama para luego explorar las rama del diagrama más profundamente en función de la importancia de las mismas.



- **Método de Análisis del Proceso:** Identificar cada paso secuencial en el proceso y realizar el análisis de causa/efecto para cada paso, uno por uno.



Para [Nuñez] el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa/Efecto, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de Calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado. Las características que destaca [Nuñez] a los Diagramas de Causa/Efecto son:

- Permiten que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- Ayudan a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de Calidad, utilizando un enfoque estructurado.
- Estimulan la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementan el grado de conocimiento sobre un proceso.
- Identifican las causas-raíz o causas principales de un problema o defecto.
- Clasifican y relacionan las interacciones entre factores que están afectando al resultado de un proceso.

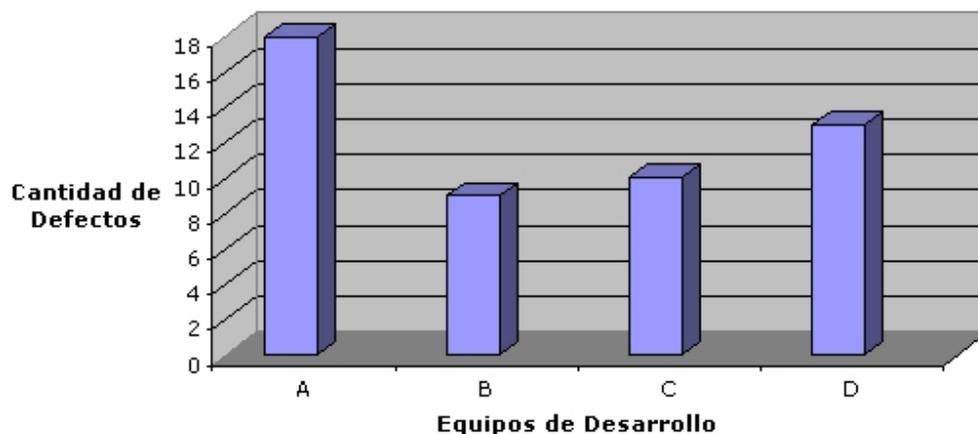
### **5.5.2.3 Histogramas**

Un Histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos [Nuñez]. Los Histogramas no muestran tendencias en el tiempo pero ofrecen una vista rápida a los datos en un momento dado. Un Histograma es útil en el entendimiento de las frecuencias relativas (porcentajes) o frecuencia (números) de los datos y como éstos son distribuidos [Kerzner01].

Según [NewellGrashina04] un histograma permite ver la frecuencia de ocurrencia de cada valor y la dispersión del proceso. Los Histogramas se caracterizan por [Nuñez]:

- Su construcción ayuda a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
- Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

- El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.
- Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
- Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el Histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.



Histograma - Ejemplo

#### 5.5.2.4 Diagramas de Pareto

Un Diagrama Pareto es un Histograma ordenado por frecuencia de ocurrencia, que muestra cómo muchos resultados fueron generados por tipo o categoría de causa identificada [jaap]. La clasificación de rangos se utiliza para guiar u orientar la acción correctiva. Los Diagramas Pareto están conceptualmente relacionados con la Ley de Pareto, que sostiene que un número relativamente pequeño de causas producirá, generalmente, una gran mayoría de problemas o defectos. Esto se conoce

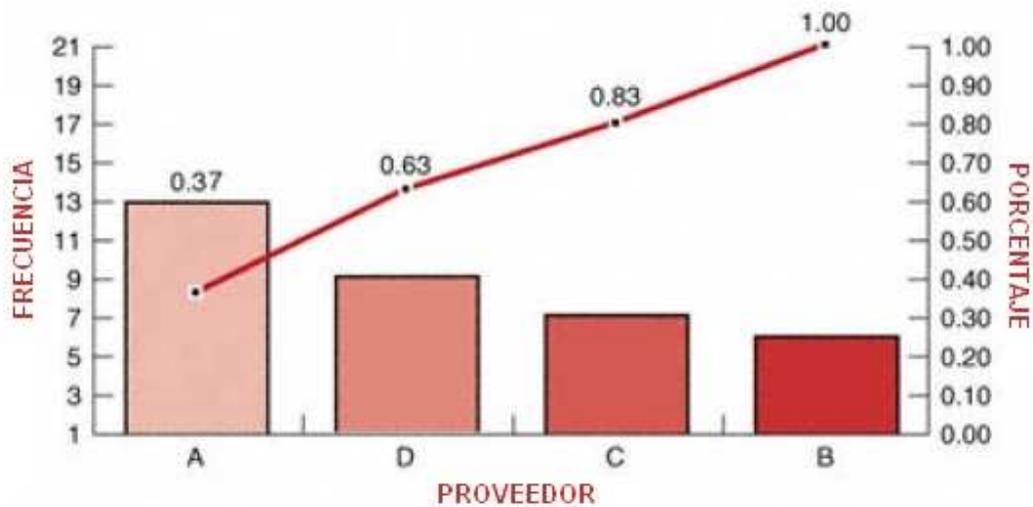
comúnmente como el principio del 80/20, donde el 80 por ciento de los problemas se deben al 20 por ciento de las causas [NewellGrashina04].

Para [Nuñez] el Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales). Según [Kerzner01] un Diagrama de Pareto es un tipo especial del Histograma que nos ayuda a identificar y priorizar las áreas con problemas. Hay tres usos y tipos del Análisis Pareto que identifica [Kerzner01]:

- **Análisis de Pareto Básico:** identifica a los principales contribuyentes de la mayoría de los problemas de Calidad en cualquier sistema. Este análisis proporciona una evaluación de los acontecimientos más frecuentes para cualquier juego de datos dado.
- **Análisis de Pareto Relativo:** se concentra en conjunto de opciones o de acciones.
- **Análisis de Pareto Ponderado:** mide factores que pueden no parecer significativos en un principio (costo, tiempo, y criticidad).

PROVEEDOR	RECEPCIÓN DE MATERIALES Y FRECUENCIA DE FALLAS		
	FRECUENCIA DE FALLAS	PORCENTAJE DE FALLOS	PORCENTAJE ACUMULADO
A	13	37	37
B	6	17	54
C	7	20	74
D	9	26	100

Análisis de Pareto Básico – Ejemplo [Kerzner01]



Análisis de Pareto Básico – Ejemplo [Kerzner01]

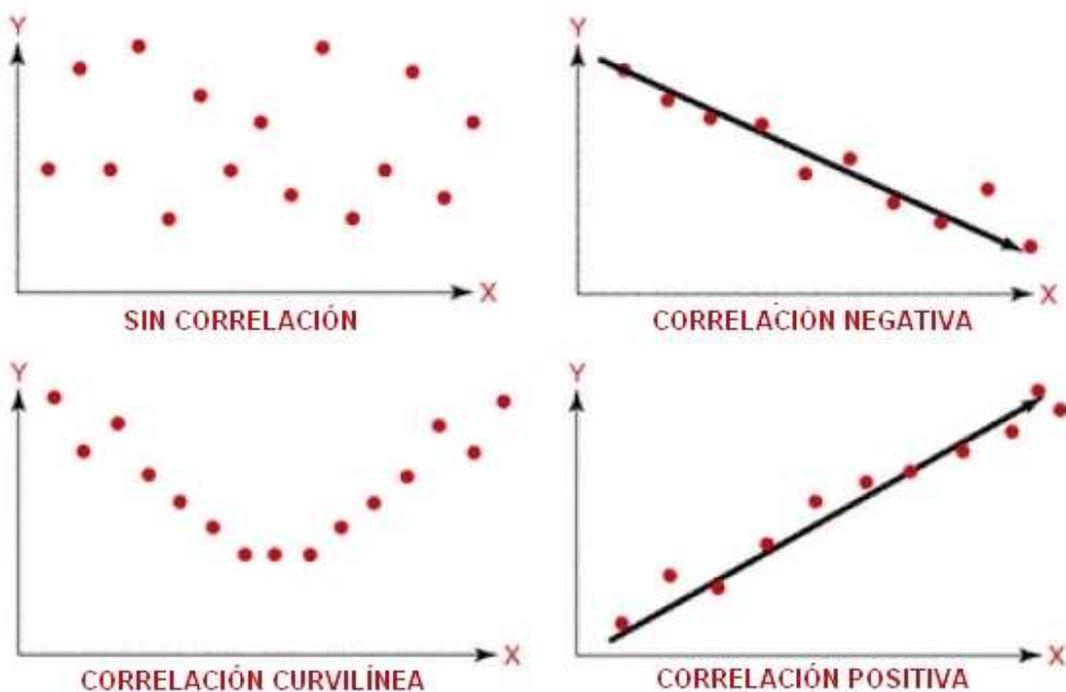
[Kerzner01] también destaca el uso de los Diagramas de Pareto para determinar el efecto de la acción correctiva o analizar la diferencia entre dos o más procesos y métodos. Por su parte [Nuñez] enumera algunas ventajas del Análisis mediante Diagramas de Pareto:

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.
- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos Diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Pueden ser utilizados para investigar efectos y para investigar causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costos de los errores.

### 5.5.2.5 Diagrama de Dispersión

Un Diagrama de Dispersión organiza datos usando dos variables: una variable independiente y una variable dependiente. Los datos son registrados en un gráfico simple con ejes de **X** e **Y** mostrando la relación entre las variables. La variable independiente se representa en el eje **X** y la variable dependiente o el resultado se representa en el eje **Y** [Kerzner01]. Según [Nuñez] un Diagrama de Dispersión se caracteriza por:

- Ser una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.
- Suministrar los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas.
- Proporcionar un medio visual para probar la fuerza de una posible relación.



Relaciones entre la Variable Independiente y la Dependiente [Kerzner01] [Nuñez]

### 5.5.2.6 Análisis de Tendencia

El análisis de tendencia es un método estadístico para determinar la ecuación que mejor representa a los datos en un Diagrama de Dispersión. La ecuación de la línea de tendencia proporciona una medida clara y comprensible del cambio causado en la variable dependiente por cada cambio incremental en la variable independiente. Usando este análisis se puede predecir el efecto de cambios del proceso [Kerzner01]. Según [PMI04] el análisis de tendencia se utiliza para monitorear:

- **El Rendimiento Técnico:** cuántos errores o defectos se han identificado y cuántos siguen sin corregir.
- **El Rendimiento del Costo y del Cronograma:** cuántas actividades por periodo se terminaron con variaciones de importancia.

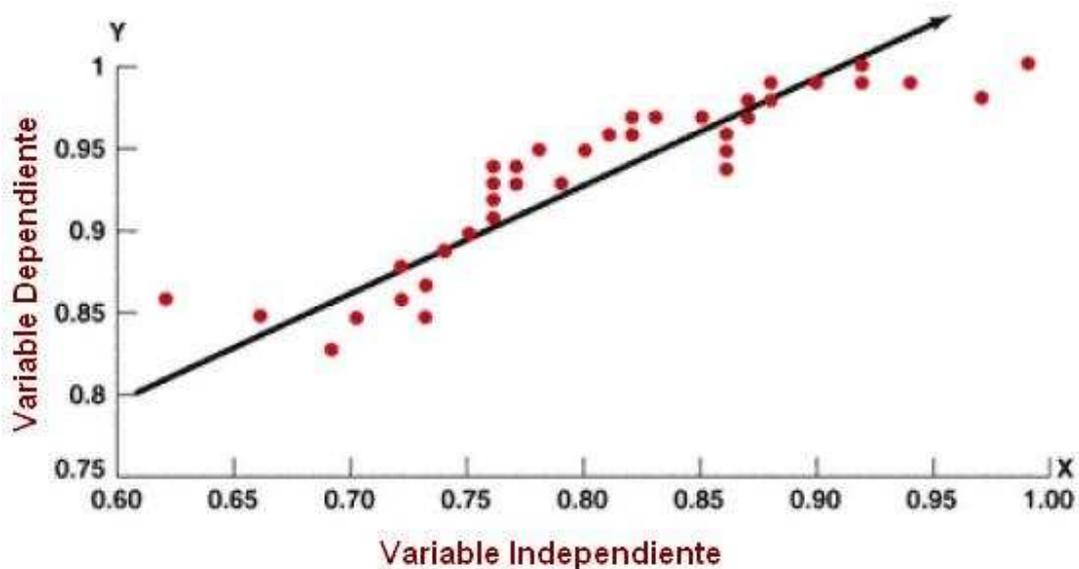


Gráfico de Tendencia – Ejemplo

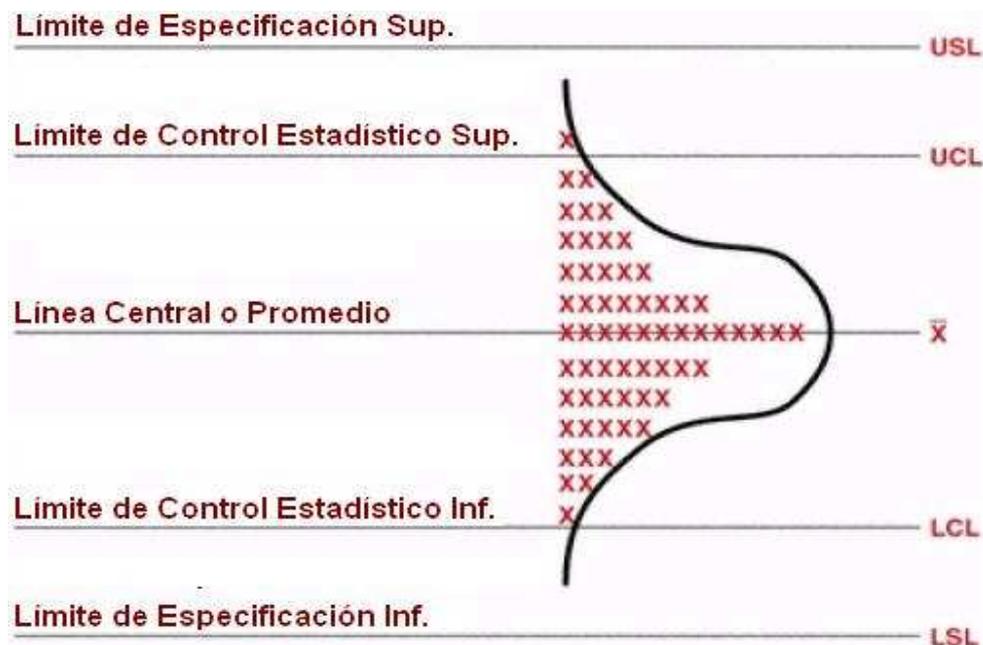
### 5.5.2.7 Mapas de Control

Un Mapa de Control desarrolla la idea de controlar el proceso para prevenir y predecir problemas potenciales antes de que se produzcan [NewellGrashina04]. La construcción, el uso y la interpretación de Mapas de Control están basados en la

distribución normal. La línea central del Mapa de Control representa el Promedio. Los límites de Control superiores e inferiores denominados UCL y LCL respectivamente, representan mas/menos tres desviaciones estándares de los datos.

El análisis de Mapa de Control determina si la variabilidad y el promedio del proceso están en niveles estables, o si uno o ambos están fuera del Control estadístico, o si una acción correctiva tiene que ser tomada. Otro objetivo del análisis mediante Mapas de Control es distinguir entre la variabilidad inherente o aleatoria de un proceso y la variabilidad atribuida a una causa asignable. Todos las Mapas de Control tienen características comunes [Kerzner01]:

- Cada Mapa de Control tiene una línea central, límites de Control estadísticos y el atributo de Control. Algunos Mapas de Control contienen límites de especificación.
- La línea central representa el promedio o media aritmética.
- Hay dos límites de Control estadísticos: el Control superior (USL) limita para valores mayores que la media y el límite de Control inferior (LSL) para valores menores que la media.
- Los límites de especificación son usados cuando existen requerimientos paramétricos específicos para un proceso, producto u operación.



Mapa de Control

Para [PMI04] los Mapas de Control se utilizan para determinar si el proceso está "bajo Control" (¿ Son las diferencias de los resultados creadas por variaciones aleatorias o son ocurrencias de eventos inusuales cuyas causas se pueden identificar y corregir ?). Los Mapas de Control se pueden utilizar para monitorear cualquier tipo de variable de salida. Los Mapas de Control se pueden utilizar para monitorear las variaciones de costos y cronograma, el volumen y frecuencia de los cambios de alcance, los errores en los documentos del Proyecto, u otros resultados de gestión, de forma tal de ayudar a determinar si el proceso de gestión del Proyecto está bajo Control.



Elementos de un Mapa de Control [Kerzner01]

Según [Nuñez] un Mapa de Control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso y permite distinguir entre las causas de variación.

Características de los Mapas de Control:

- Permiten distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos.
- Son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso.

- Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor Calidad, menores costos y mayor eficacia.
- Proporcionan un lenguaje común para el análisis del rendimiento del proceso.

## **CONCLUSIÓN**

### **Gestión del Alcance del Proyecto**

Los Proyectos comienzan como un concepto que tiene por objetivo crear un nuevo producto o servicio. Los mismos están orientados al logro de determinados resultados lo cual genera la necesidad de Gestionar el Alcance del Proyecto para poder enumerar y describir todos los productos del Proyecto y también para poder describir la totalidad del trabajo necesario para completar el mismo. La Gestión del Alcance está compuesta por cuatro procesos: Iniciación del Proyecto, Definición del Alcance del Proyecto, Verificación del Alcance del Proyecto y Control del Alcance del Proyecto.

Mediante el Proceso de Iniciación del Proyecto se genera el "Acta del Proyecto". El mismo es un documento que contiene un resumen del Alcance describiendo el Proyecto y detalla como el Proyecto dará soporte a los objetivos estratégicos de la compañía, que prioridad tiene asignada y quien es el Administrador del Proyecto asignado al mismo. A partir del "Acta de Proyecto" y de la descripción del Producto o Servicio se realiza el "Enunciado del Alcance del Proyecto". El mismo es un documento donde se especifica el "conjunto de tareas" que deben realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas.

A través del proceso de Definición del Alcance del Proyecto se desarrolla el "Enunciado del Alcance del Proyecto" a nivel de detalle permitiendo: eliminar o reducir la incertidumbre, lograr un mejor entendimiento de los "objetivos, necesidades y requerimientos" y generar una "Línea Base" para monitorear y controlar el Proyecto la cual permite detectar desvíos y cambios. Se utiliza la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo) la cual organiza y define el alcance total del Proyecto, para desglosar el Alcance del Proyecto y los productos entregables en componentes mas pequeños y fáciles de manejar. La misma permite subdividir el Proyecto en piezas de trabajo administrables y con cada nivel descendiente se aumenta la definición del trabajo del Proyecto. El primer elemento de la EDT es el "Proyecto", los niveles siguientes son el resultado de dividir el mismo en componentes que se puedan administrar. El trabajo planificado es representado en el nivel mas bajo de la EDT y es llamado "paquete de trabajo". Los cuales se utilizan para armar el cronograma, para hacer la estimación de costos y para monitorear y controlar el Proyecto.

El proceso de Verificación del Alcance del Proyecto se utiliza para formalizar la aprobación de los productos entregables por parte de los interesados. El equipo de Proyecto y el cliente / usuario, utilizan la EDT para visualizar el trabajo identificado y definido y poder determinar mediante inspección si el mismo ha sido completado para obtener todos los componentes del entregable.

El cuarto proceso, Control del Alcance del Proyecto utiliza la EDT como entrada para el proceso de Control de Cambios en el Alcance. Teniendo en cuenta que una solicitud de cambio puede requerir componentes adicionales en los entregables, cambios en los atributos del producto o cambios en los procedimientos para crear el producto, la EDT es utilizada para determinar que "paquetes de trabajo" se ven afectados, cuales van a ser agregados o cuales van a ser eliminados en función del cambio solicitado. El proceso de Administración de Cambios identifica, evalúa y aprueba los cambios antes de implementarlos. Se destacan cinco pasos principales para el Proceso de Administración de Cambios:

- Recepción de la solicitud de cambio.
- Revisión y documentación del cambio solicitado.
- Análisis de Factibilidad del cambio solicitado.
- Aprobación del cambio solicitado.
- Implementación.

## **Gestión de Riesgos del Proyecto**

Una adecuada Gestión de Riesgos es necesaria para asegurar el éxito en la mayoría de los Proyectos y particularmente en los Proyectos de tecnología de la información debido a las presiones de la competencia, los cambios en los requerimientos de los usuarios, las nuevas herramientas y tecnologías innovadoras entre otros factores. La Gestión de Riesgos permite la aplicación de procesos y procedimientos a las tareas del proyecto para poder identificar, analizar, responder y monitorear los riesgos.

El proceso de Identificación de los Riesgos del Proyecto tiene por objetivo identificar las amenazas que podrían ocurrir durante todo el ciclo de vida del Proyecto. La identificación se utiliza fundamentalmente para determinar los eventos que pueden suceder y como pueden suceder, teniendo en cuenta de que si se producen van a afectar los objetivos del Proyecto. El proceso de identificación de riesgos debe ser completo, los riesgos que no han sido identificados no pueden ser analizados y su aparición puede amenazar el éxito del Proyecto. Los riesgos se identifican y ponen al descubierto para que todo el equipo sea consciente de que existe un problema en potencia. La identificación de riesgos debe realizarse lo antes posible y repetirse con frecuencia a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. El resultado de este proceso es una lista completa de riesgos posibles y el responsable asignado a ellos. Durante el proceso de Identificación de riesgos se pueden utilizar las siguientes técnicas:

- Tormenta de Ideas "Brainstorming".
- Entrevista con Expertos.
- Método Delphi.
- Análisis FODA.
- Listas de Comprobación "Checklists".
- Diagramas de Causa/Efecto "Ishikawa".

El proceso de Análisis Cualitativo de los Riesgos del Proyecto se utiliza para categorizar o filtrar los riesgos y para determinar si tienen o no que ser planificados y que acciones correctivas deben tomarse en caso de ser necesario. Las técnicas de análisis cualitativas no especifican los valores exactos del riesgo, pero son muy eficaces cuando se dispone de poco tiempo para evaluar riesgos antes de que se presenten. Mediante el análisis de riesgo cualitativo se examinan y priorizan los riesgos

teniendo en cuenta su probabilidad de ocurrencia y en el impacto para el proyecto si el riesgo ocurre.

El proceso de Análisis Cuantitativo de los Riesgos del Proyecto es realizado sobre los riesgos que ya fueron priorizados durante el proceso de Análisis Cualitativo. El proceso Análisis Cuantitativo hace uso del análisis de "Valor Esperado" para poder determinar la severidad del impacto de los riesgos en el proyecto y combinado con la utilización de "Árboles de Decisión" permiten determinar el valor más probable de una alternativa particular para poder tomar una decisión, calcular el valor de la misma o determinar cual decisión cuesta menos.

El proceso de Respuesta a los Riesgos del Proyecto determina las estrategias para administrar los riesgos cuando ocurren. Existen cuatro técnicas para responder al riesgo: Evitar el Riesgo, Transferir el Riesgo, Mitigar el Riesgo y Aceptar el Riesgo.

El último proceso, Control de los Riesgos del Proyecto registra los riesgos que ocurrieron, y verifica cambios en la probabilidad o impacto de los riesgos que todavía no sucedieron. También es responsable de que nuevos riesgos puedan ser detectados y administrados y que las estrategias de respuesta sean implementadas de forma progresiva.

## **Gestión de Tiempos del Proyecto**

Una adecuada Gestión del Tiempo es fundamental para asegurar que el Proyecto que se va a desarrollar se complete en tiempo. La misma esta conformada por cuatro procesos: Definición de las Actividades del Proyecto, Secuenciamiento de las Actividades del Proyecto, Estimación de la Duración de las Actividades del Proyecto y Desarrollo del Cronograma del Proyecto.

El proceso de Definición de las Actividades del Proyecto utiliza la EDT que contiene las tareas principales a ser realizadas y se encarga de subdividir cada entregable del Proyecto en subentregables más pequeños, identificando las actividades específicas que se deben desarrollar a fin de producir las distintas prestaciones del Proyecto.

El proceso de Secuenciamiento de las Actividades del Proyecto hace uso de la EDT para establecer las relaciones e interdependencias de cada tarea identificando y documentando interactivamente estas relaciones. Se utilizan los Diagramas de Precedencia para enlazar las actividades en el orden más conveniente posible para resolver adecuadamente los imperativos técnicos del Proyecto y para lograr la combinación óptima de costos y tiempos. Se destacan tres tipos de interrelaciones o dependencias entre las actividades de un Proyecto que se deben tener en cuenta al momento de realizar el Secuenciamiento de las Actividades:

- Relaciones de Dependencia Obligada: son aquellas relaciones que son inherentes a la naturaleza del trabajo que se está realizando. Generalmente se trata de limitaciones físicas.
- Relaciones de Dependencia Discreta: son aquellas relaciones que son definidas por el equipo de gestión del Proyecto. Las mismas se definen, generalmente, basándose en el conocimiento que se tenga de: "Las mejores prácticas" dentro de un área de aplicación particular.
- Relaciones de Dependencia Externa: son aquellas relaciones que implican una relación entre las actividades del Proyecto y las actividades que no guardan relación alguna con el Proyecto.

El proceso de Estimación de la Duración de las Actividades del Proyecto estima el número de períodos de trabajo que serán necesarios para completar las actividades

individuales y determinar el Camino Crítico del Proyecto. Se destacan dos tipos de estimaciones: Estimación Paramétrica o por Analogía y Estimación mediante la "Técnica de los Tres Puntos". La Estimación Paramétrica o por Analogía se utiliza mucho en Proyectos que son similares. Consiste en detectar variables clave del Proyecto, indicadores y parámetros que son los principales determinantes del tamaño del mismo. Este tipo de estimación utiliza la duración real de una actividad previa similar como base para estimar la duración de una actividad futura. El caso de la Estimación mediante la "Técnica de los Tres Puntos" hace uso de tres asunciones de Finalización posibles para poder obtener el "Valor Esperado". Las asunciones de Finalización posibles son:

- Tiempo de Finalización más Optimista: Este tiempo asume que todo irá según el plan y con una cantidad mínima de dificultades.
- Tiempo de Finalización más Pesimista: Este tiempo asume que no todo irá según el plan y que se presentaran las máximas dificultades potenciales.
- Tiempo de Finalización más Probable.

El último proceso, Desarrollo del Cronograma del Proyecto se realiza después de que se tienen las estimaciones. El mismo tiene por objetivo analizar las secuencias de actividades, duraciones y requerimientos de recursos para poder realizar el Cronograma del Proyecto que representa el plan de trabajo, mostrando las tareas a realizar, el momento de su comienzo y su finalización y la forma en que las distintas tareas están relacionadas entre sí. Las herramientas utilizadas para dar soporte al proceso de Desarrollo del Cronograma son el análisis PERT y el Análisis de Camino Crítico.

## **Gestión de la Calidad del Proyecto**

Por último, para asegurar que el Proyecto va a satisfacer las necesidades para las cuales fue emprendido es necesario realizar una adecuada Gestión de Calidad. Los procesos que conforman la Gestión de Calidad del Proyecto son: Planificación de la Calidad del Proyecto, Aseguramiento de la Calidad del Proyecto y Control de Calidad del Proyecto.

El proceso de Planificación de la Calidad del Proyecto identifica cuáles son las normas de Calidad relevantes para el Proyecto y determina la forma de satisfacerlas. El mismo tiene como objetivos: describir como el equipo de Proyecto debe poner en práctica su política de Calidad, ayudar a que todos sus miembros entiendan sus roles y sus responsabilidades en la búsqueda de Calidad, establecer de forma clara todos los objetivos y asegurar la identificación sistemática de todos los usuarios y la identificación de las necesidades del cliente necesarias para lograr un buen diseño del producto y dar respuesta a las mismas. El documento utilizado para dar soporte al proceso de Planificación de la Calidad es el "Plan de Calidad".

El proceso de Aseguramiento de la Calidad del Proyecto evalúa el desempeño global del Proyecto en forma regular a fin de tener la confianza de que el Proyecto satisface las normas de Calidad relevantes. Tiene por objetivo validar y probar la solución contra las especificaciones iniciales del Proyecto, supervisar y coordinar la Calidad dentro del ciclo de vida de la Gestión del Proyecto evaluando los procesos y procedimientos, como así también planificar y diseñar el trabajo y los procedimientos necesarios para asegurar que el producto o servicio es adecuado para su objetivo. El proceso de Aseguramiento de la Calidad se basa en pruebas e inspecciones para determinar la viabilidad del diseño y el desarrollo. Hace uso de revisiones para determinar como el Proyecto avanza con relación al plan. Analiza las tareas individuales y su avance según los requerimientos y el diseño. Y se enfoca en el diseño de Calidad del producto desde el inicio del Proyecto, para reducir considerablemente la necesidad de re-trabajo y en general mejorar el producto final.

El proceso de Control de Calidad del Proyecto se lleva a cabo durante todo el Proyecto y monitorea resultados específicos con el objeto de determinar si estos cumplen con las normas de Calidad relevantes e identificar las formas para eliminar las causas de desempeño insatisfactorio. El mismo controla el producto que el Proyecto

crea como así también los procesos de administración del Proyecto. Se pueden realizar inspecciones que incluyen actividades como medición, revisión y prueba que se llevan a cabo con el objeto de determinar si los resultados cumplen o no con los requerimientos. Durante el proceso de Control de Calidad se pueden utilizar las siguientes herramientas:

- Tablas o Matrices de Datos
- Diagrama de Causa/Efecto
- Histogramas
- Diagramas de Pareto
- Diagrama de Dispersión
- Análisis de Tendencia
- Mapas de Control

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [CrawfordBrett01] Lynn Crawford and Christine Brett, 2001 "Exploring the Role of the Project Sponsor", University of Technology, Sydney, 6
- [Tanaka05] Hiroshi Tanaka, 2005, "The Changing Landscape of Project Management", PMFORUM.ORG, 21 pp.
- [Wideman92] R. Max Wideman, 2001, "The Future of Project Management", AEW Services, Vancouver, Canada, 7 pp.
- [CenarRenier96] Aaron J. Cenar, James J. Renier and R. Max Wideman, 1996, "From Genesis to Content to Classification", INFORMS Conference in Washington, 10 pp.
- [Johnson01] Rene Yarborough Johnson, 2001, "Project Management Maturity And The Life Cycle Of The Project Office" Northern Kentucky University, 26 pp.
- [berkeley] "The History of Project Management",  
<http://www2.sims.berkeley.edu/courses/is208/s02/History-of-PM.htm>
- [Wideman85] R. Max Wideman, 1985, "The Project Management Institute In the Beginning. . .", AEW Services, Vancouver, 5 pp.
- [VegaDíaz04] J. A. Vega Díaz, 2004, "Estado y tendencia de la Administración de Proyectos en México", Universidad de las Américas, 49 pp.
- [Lilliesköld02] Joakim Lilliesköld, 2002, "Global Project Management - Developing System Solutions In A Multi-Organizational Environment", Industrial Information and Control Systems, Royal Institute of Technology Stockholm, SWEDEN, 90 pp.
- [Harvard96] Harvard Business School, 1996, "Project Management Manual", 42 pp.

- [AQS01] Advanced Quality Solutions, 2001, "Cómo Gestionar Proyectos IT con Éxito", 34 pp.
- [Taylor04] James Taylor, 2004, "Managing Information Technology Projects: Applying Project Management Strategies to Software, Hardware, and Integration Initiatives", ISBN:0814408117, 274 pp.
- [Gaddis59] Paul O. Gaddis, 1959, "The Project Manager", Harvard Business Review, 9 pp.
- [wikipediaHPM] "History of Project Management",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Project\\_management#History\\_of\\_Project\\_Management](http://en.wikipedia.org/wiki/Project_management#History_of_Project_Management)
- [Verzuh05] Eric Verzuh, 2005, "The fast forward MBA in project management", ISBN:0471692840, 402 pp.
- [Kerzner01] Harold Kerzner, 2001, "Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling", ISBN:0471393428, 1179 pp.
- [Levine02] Harvey A. Levine, 2002, "Practical Project Management Tips, Tactics, and Tools", ISBN 0471203033, 398 pp.
- [Berkun05] Scott Berkun, 2005, "The Art of Project Management", ISBN:0596007868, 392 pp.
- [Thomsett02] Rob Thomsett, 2002, "Radical Project Management", ISBN:0130094862, 378 pp.
- [AllenWeb] "A History Leading Up to the Beginning of Project Management",  
<http://members.aol.com/AllenWeb/history.html>
- [rfbusiness] "History Of Project Management",  
<http://www.referenceforbusiness.com/encyclopedia/Per-Pro/Project-Management.html>

- [PMI04] PMI - Project Management Institute, 2004, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition", ISBN:193069945X, 388 pp.
- [Heldman03] Kim Heldman, 2003, "Project Management JumpStart", ISBN:0782142141, 400 pp.
- [MartinTate01] Paula Martin y Karen Tate, 2001, "Getting Started in Project Management", ISBN:0471135038, 263 pp.
- [Wysocki03] Robert K. Wysocki, 2003, "Effective Project Management - Third Edition", ISBN:0471432210, 504 pp.
- [NewellGrashina04] Michael W. Newell y Marina N. Grashina, 2004, "The Project Management Question and Answer Book", ISBN:0814471641, 262 pp.
- [RodneyTurner92] J. Rodney Turner, 1992, "The Handbook of Project-Based Management", ISBN:0077091612, 529 pp.
- [HallJohnson02] Earl Hall y Juliane Johnson, 2002, "Integrated Project Management", ISBN:0130674494, 272 pp.
- [Charvat03] Jason Charvat, 2003, "Project Management Methodologies: Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects", ISBN:0471221783, 264 pp.
- [Frame95] J. Davidson Frame, 1995, "La Dirección de Proyectos en las Organizaciones", ISBN:8475776477, 339 pp.
- [wikipediaScope] "Scope (project management)",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Scope\\_%28project\\_management%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Scope_%28project_management%29)  
[9](#)

- [Cooper05] Dale Cooper, Stephen Grey, Geoffrey Raymond, Phil Walker, 2005, "Project Risk Management Guidelines", ISBN:0470022817, 384 pp.
- [Phillips04] Joseph Phillips, 2004, "PMP Project Management Professional Study Guide", ISBN:0072230622, 588 pp.
- [Charvat02] Jason Charvat, 2002, "Project Management Nation: Tools, Techniques, and Goals for the New and Practicing IT Project Manager", ISBN:0471139262, 246 pp.
- [Tinnirello01] Paul C. Tinnirello, 2001, "New Directions in Project Management", ISBN:084931190X, 560 pp.
- [wikipediaTDI] "Tormenta de Ideas",  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia\\_de\\_ideas](http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_de_ideas)
- [GomezJurista97] Asunción Gómez, Natalia Jurista, César Montes y Juan Pazos, 1997, "Ingeniería del Conocimiento", ISBN: 8480042699, 828 pp.
- [Blanqué05] "Blog Javier Blanque", <http://jblanque.blogspot.com/>
- [Blanqué94] Javier Blanqué, 1994, "Metodología VITAL: Para Evaluación de Arquitecturas Tecnológicas Y Sistemas De Información", 22 pp.
- [Alberts06] Christopher J. Alberts, 2006 "Common Elements of Risk", Software Engineering Institute, 39 pp.
- [sei-risk] "Risk Management Paradigm",  
<http://www.sei.cmu.edu/risk/paradigm.html>
- [Microsoft02] Microsoft Corporation, 2002, "Disciplina de Administración de Riesgos", 38 pp.
- [HigueraHaimés96] Ronald P. Higuera, Yacov Y. Haimés, 1996, "Software Risk Management", Software Engineering Institute, 59 pp.

- [Carr93] Marvin J. Carr, Suresh L. Konda, Ira Monarch, F. Carol Ulrich, Clay F. Walker, 1993, "Taxonomy-Based Risk Identification", Software Engineering Institute, 90 pp.
- [VanScoy92] Roger L. Van Scoy, 1992, "Software Development Risk: Opportunity, Not Problem", Software Engineering Institute, 22 pp.
- [DipakSurie] Dipak Surie, "Evaluation and Integration of Risk Management in CMMI and ISO/IEC 15504", Computing Science Department, Umea University, Sweden, 14 pp.
- [jpbbrainstorming] "The Complete Guide to Managing Traditional Brainstorming Events", <http://www.jpb.com/creative/brainstorming.pdf>, 19 pp.
- [balancedscorecard] "Basic Tools for Process Improvement: Brainstorming", <http://www.balancedscorecard.org/files/brainstm.pdf>, 19 pp.
- [wikipediaIshikawa] "Diagrama de Ishikawa", [http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_Ishikawa](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_Ishikawa)
- [unalmedIshikawa] "Diagrama Causa – Efecto", [http://www.unalmed.edu.co/~erodrigu/cc/causa\\_efecto1.htm](http://www.unalmed.edu.co/~erodrigu/cc/causa_efecto1.htm)
- [Trujillo04] Raúl Trujillo Cabezas, 2004, "Aplicaciones del Método Delphi", 75 pp.
- [Astigarraga] Eneko Astigarraga, "El Método Delphi", Universidad de Deusto, San Sebastian, 14 pp.
- [Orlich] Jessie M. Orlich, "El análisis FODA", Universidad para la Cooperación Internacional, 2 pp.
- [IPN02] Instituto Politécnico Nacional, 2002, "Metodología Para El Análisis Foda", 24 Pp.

- [wikipediaSWOT] "SWOT analysis", <http://en.wikipedia.org/wiki/SWOT>
- [Arsham] Hossein Arsham, "Herramientas para el Análisis de Decisión: Análisis de Decisiones Riesgosas",  
<http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640S/SpanishP.htm#rriskclass>
- [AlmendrasOpazo] Juan Francisco Almendras Opazo, "Arboles de Decisión", Universidad Adventista de Chile, 36 pp.
- [Anderson01] Anderson, Sweeney, Williams, 2001, "Métodos Cuantitativos para los Negocios", 30 pp.
- [wikipediaGANTT] "Gantt chart", <http://en.wikipedia.org/wiki/Gantt>
- [wikipediaPDM] "Precedence Diagram Method",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Precedence\\_Diagram\\_Method](http://en.wikipedia.org/wiki/Precedence_Diagram_Method)
- [Peñara91] Jaime Peñara Brand, 1991, "Dirección y Gestión de Proyectos", ISBN:8487189784, 298 pp.
- [wikipediaCPM] "Critical Path Method",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Critical\\_path\\_method](http://en.wikipedia.org/wiki/Critical_path_method)
- [wikipediaCrash] "Crash (Schedule duration)",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Crash\\_%28Schedule\\_duration%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Crash_%28Schedule_duration%29)
- [wikipediaPERT] "Técnica De Revisión Y Evaluación De Programas",  
[http://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnica\\_de\\_revisi%C3%B3n\\_y\\_evaluaci%C3%B3n\\_de\\_programas](http://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnica_de_revisi%C3%B3n_y_evaluaci%C3%B3n_de_programas)
- [csiTP] "Técnicas y Prácticas",  
<http://www.csi.map.es/csi/metrica3/tecnicas.pdf>
- [wikipediaMilestone] "Milestone (Project management)",  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Milestone\\_\(Project\\_management\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Milestone_(Project_management))

- [Huges99] Bob Hughes, Mike Cotterell, 1999, "Software Project Management", ISBN:0077095057, 384 pp.
- [Acosta] Willman Acosta, "Redes y PERT / CPM", Universidad Nacional Abierta de Caracas – Venezuela, 44 pp.
- [getecTP] "Técnicas de Programación", Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación - Universidad Politécnica de Madrid,  
<http://www.getec.etsit.upm.es/docencia/gproyectos/planificacion/programacion.htm>
- [getecIA] "Identificación de Actividades", Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación - Universidad Politécnica de Madrid,  
<http://www.getec.etsit.upm.es/docencia/gproyectos/planificacion/actividades.htm>
- [Figueroa01] Marcos Serer Figueroa, 2001, "Gestión integrada de proyectos", ISBN:848301453X, 351 pp.
- [wikipediaPDCA] "PDCA", <http://es.wikipedia.org/wiki/PDCA>
- [Suárez] J. Gerald Suárez, "Tres Expertos en Calidad", ISBN:84-89594-07-4, 53 pp.
- [Gillezeau04] Patricia Gillezeau, Samuel Romero, 2004, "Sistema de Costos de Calidad como Proceso de Mejoramiento Continuo", 26 pp.
- [Bedini] Alejandro Bedini, "Extracto Calidad Tradicional y de Software", Universidad Técnica Federico Santa María, 17 pp.
- [Calderón] Rocío Pinto Calderón, "La Garantía de la Calidad de los Productos y Servicios de Unidades de Información en el Contexto de la Sociedad de Información", 7 pp.

- [Nuñez] Ignacio Guadarrama Núñez, "Herramientas para Medir la Calidad", 6 pp.
- [CarreiraRomán] Mercedes Ruiz Carreira, Isabel Ramos Román, "Estimación del Coste de la Calidad del Software a través de la Simulación del Proceso de Desarrollo", Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos: Universidad de Cadiz / Universidad de Sevilla, 13 pp.
- [JuranGodfrey98] Joseph M. Juran, A. Blanton Godfrey, 1998, "Juran's Quality Handbook", ISBN:007034003X, 1730 pp.
- [Harvard90] Harvard Business School, 1990, "A Note on Quality: The Views of Deming, Juran and Crosby", 8 pp.
- [asq] "The American Society for Quality", <http://www.asq.org/>
- [wikipediaCRC] "CRC Tarjetas", [http://es.wikipedia.org/wiki/CRC\\_Tarjetas](http://es.wikipedia.org/wiki/CRC_Tarjetas)
- [cscCRCCards] "Object Oriented Analysis and Design using CRC Cards", [http://www.csc.calpoly.edu/~dbutler/tutorials/winter96/crc\\_b/](http://www.csc.calpoly.edu/~dbutler/tutorials/winter96/crc_b/)
- [agilemodelingCRC] "Class Responsibility Collaborator (CRC) Models", <http://www.agilemodeling.com/artifacts/crcModel.htm>
- [wikipedia] <http://en.wikipedia.org/>
- [APM] <http://www.apm.org.uk/>
- [PMI] <http://www.pmi.org/>
- [iaap] <http://www.iaap.com.ar/>