

MEMORIA DE TESIS  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER EN CONTROL DE GESTIÓN

**Sistema De Control De Gestión  
Basado en la Técnica del Valor Ganado:  
Presentación De Un Nuevo Estimador De  
Tiempo De Término De Proyectos En  
Ejecución**

Alumno: José E. Contreras C.  
Prof. Guía: Christian Willatt H.

PRIMAVERA DE 2007

## INTRODUCCIÓN

A poco andar de este nuevo milenio, se mantiene la tendencia de un gran aumento en la complejidad de las organizaciones, la internacionalización de las economías y la globalización de los mercados. La administración de proyectos se realiza cada vez con mayor rigurosidad debido a las implicancias económicas y sociales que ello tiene.

Por su parte, las empresas se preparan para enfrentar estos desafíos con requerimientos de su modernización y una necesidad permanente de asumir la creciente competencia a nivel internacional que el mundo de hoy exige.

Es indudable que el desarrollo de nuevos productos y servicios deben obedecer a un proyecto inicial que se necesita implementar, administrar y controlar.

En este nuevo escenario, con cambios constantes en el mercado, creciente desarrollo de nuevas tecnologías, usuarios de servicios más exigentes que demandan una mayor eficiencia a la administración de los proyectos en general, se han creado una serie de aplicaciones computacionales que vienen a servir de herramienta para esta tarea. Sin embargo, el uso intensivo de estos programas se observa limitado a aquellas empresas que tienen equipos completos para la gestión del proyecto, que implica la actualización diaria de datos para realizar las reprogramaciones necesarias en orden a cumplir con las etapas diseñadas de éste.

El objetivo general de este trabajo es la aplicación de un sistema de control a un proyecto del área ingenieril basado en la metodología del EV, que incluye además la presentación de un nuevo estimador de tiempo restante de término de proyectos a partir de un instante  $T_i$ .

La aplicación de indicadores basados en la técnica del Valor Ganado (EV= Earned Value) es una alternativa válida para conformar un sistema de control que coadyuve al éxito de la administración de proyectos.

Ya que en la mayoría de las empresas no se cuenta con un Departamento de Administración de Proyectos que vele por un adecuado desarrollo e implementación de aquellos, y que dispongan del tiempo y recursos para

alimentar aplicaciones que, además de complejas, requieren de una gran infraestructura de medios físicos y humanos, se ha considerado conveniente presentar un nuevo estimador que informe del tiempo que falta para terminar un proyecto en ejecución a partir de un determinado grado de avance y que se agregue a los estimadores conocidos de acuerdo a la técnica EV.

Las empresas inmersas en esta realidad, en el mejor de los casos, sólo realiza la planificación del proyecto usando alguna herramienta computacional y, en forma manual, posteriormente realizan chequeos del avance de éste y los recursos consumidos. La gestión en este caso es con una mirada retrospectiva de lo realizado. Al respecto cabe preguntarse: **¿De que sirve tener información del pasado si en el presente no se sabe cómo terminará el proyecto en el futuro?**

Los objetivos específicos de este trabajo pretenden a través del sistema de control lo siguiente:

- Presentar la metodología del Valor Ganado y aplicarla a tres proyectos del área de construcción y montajes de grandes proyectos industriales, interpretando sus resultados y las acciones de intervención.
- Exponer las bases teóricas que respaldan el nuevo estimador.
- Entregar a los administradores de proyectos y a los que controlan dicha gestión un sistema de control básico en base a esta metodología.
- Entregar pautas para que los administradores de proyectos tengan una guía respecto de qué acciones emprender al presentarse las posibilidades de saber en qué estado actual se encuentra un proyecto, respecto de lo planificado, y cómo se visualiza su término a partir del momento de la evaluación que se obtiene de la aplicación de la técnica del valor ganado.

La estructura está determinada en cuatro capítulos. El capítulo I, describe el marco teórico donde se sustenta el alcance de este trabajo que es fundamentalmente el estándar que establece el Project Management Institute.

El capítulo II, presentará la metodología del Valor Ganado como herramienta fundamental en la gestión de costos de los proyectos, sus fundamentos y algunos aspectos sobre la gestión de tiempos, para terminar con la propuesta de un sistema de control que incluye la presentación de un nuevo estimador de tiempo de término de proyectos en ejecución.

El capítulo III, aplicará el modelo de control a tres proyectos reales, analizando los resultados y se propondrán medidas de intervención y ajuste. La característica principal de este modelo deberá ser su fácil aplicación que lo constituirá en un modelo práctico, amistoso y de gran cobertura.

Las conclusiones se establecen en el Capítulo IV, ellas se clasifican en generales y particulares con relación al tema, integrando la información de la investigación descriptiva, la realidad de la empresa y la teoría.

Por último, se incluye un capítulo que informa las limitaciones encontradas en su desarrollo. También, dejará la puerta abierta para que otros candidatos puedan seguir aportando en esta línea del conocimiento.

Todo este trabajo no se hubiese podido realizar, si no es por la desinteresada cooperación de muchas personas, ello se reconoce, y amerita expresar publico reconocimiento en forma particular al Contralor de la Universidad de Valparaíso, quien estimó necesario este nivel de perfeccionamiento y siempre estuvo presto a colaborar en esta empresa; al personal de la Contraloría en quienes descansé y sentí su apoyo; a mi profesor guía, quien fue el actor principal en la entrega del estimador que se presenta; al final y como siempre relegada, en estos temas, el inapreciable reconocimiento a la familia que sabe entender su postergación cuando se enfrentan tareas como ésta.

**EL AUTOR**

## Í N D I C E

### Introducción

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Capítulo I Marco Teórico</b>   | <b>1</b>      |
| Proyectos   | 1             |
| Administración De Proyectos   | 3             |
| Ciclo De Vida De Un Proyecto  | 5             |
| Áreas De Conocimiento De Un Proyecto                                      | 9             |
| Procesos En Los Proyectos   | 12            |
| Interacciones Entre Procesos  | 23            |
| Relación Entre Los Grupos De Procesos Y Las Áreas De Conocimiento         | 24            |
| Importancia De La Administración De Proyectos Y De Sus Procesos           | 25            |
| <br><b>Capítulo II Valor Ganado (EVM) y Sistema de Control</b>            | <br><b>29</b> |
| Reseña Histórica  | 31            |
| Valor Ganado  | 34            |
| Gestión de Tiempo de un Proyecto  | 41            |
| Presentación Del Estimador De Tiempo De Término De Proyectos En Ejecución | 44            |
| Sistema Control Basado En EV  | 47            |
| <br><b>Capítulo III Sistema de Control aplicado a Tres Proyectos</b>      | <br><b>55</b> |
| Proyecto 1: Montaje e Instalación de Caldera de Ciclo Combinado           | 55            |
| Proyecto 2: Construcción de Planta de Control de Alcalinidad              | 63            |
| Proyecto 3: Construcción Sistema de Hidrovaciado de Embalse               | 65            |
| Análisis, Acciones y Comentarios  | 66            |
| <br><b>Capítulo IV Conclusiones</b>                                       | <br><b>72</b> |
| <br><b>Capítulo V Limitaciones y Futuros Trabajos</b>                     | <br><b>76</b> |
| <br><b>Bibliografía</b>   | <br><b>77</b> |

## I. MARCO TEÓRICO

Este capítulo pretende introducir al lector en el tema principal de la Administración de Proyectos para descubrir la necesidad de trabajar en ciertas áreas críticas que serán el marco dentro del que se desarrolla este trabajo.

### 1. PROYECTO

Todos intuyen el concepto de proyecto, se sabe que son emprendidos en todos los niveles de las organizaciones, a veces varias de éstas concurren en la ejecución de un proyecto y pueden involucrar a una o miles de personas. Su duración dependerá del tipo y alcance del proyecto, y puede durar desde algunos meses a varios años.

Las organizaciones, en general ejecutan sus líneas estratégicas a través de proyectos y operaciones, pero éstos difieren fundamentalmente de las operaciones de una empresa porque aquellos tienen un comienzo y un fin determinado, en cambio las operaciones son continuas.

¿Entonces qué es un proyecto? Aunque existe una variada gama de definiciones, para efecto de este trabajo se considerará aquella presentada por el Project Management Institute, que es la organización mundial, sin fines de lucro, para el desarrollo de la disciplina de Administración de Proyectos, incluida la creación de estándares y desarrollo de buenas prácticas en aquella; PMI<sup>1</sup> define un proyecto como *“un emprendimiento temporal realizado para crear un producto, servicio o resultado único”*.

Se entiende como **temporal** el hecho de que un proyecto debe tener un inicio y un final previamente determinado, no debe entenderse por temporal que el periodo de realización sea corto, pues como se expresó

---

<sup>1</sup> PMI fue creada en 1969 en Filadelfia, la conforman 125 países (entre ellos Chile). Es la mayor organización mundial sin fines de lucro que reúne a más de 215.000 profesionales certificados y mantiene un riguroso Programa de Certificación de individuos en base a antecedentes y a un examen. La certificación del PMI como Project Management Professional (PMP) es la más reconocida en todo el mundo y está certificada por ISO 9001. Hay más de 215.000 miembros certificados como Project Management Professional (PMP) en el mundo.

anteriormente hay proyectos que duran años, sin embargo la acotación de tiempo es de suma relevancia para la estimación de tiempos, rutas críticas y los costos que ello involucra. Lo anterior, se refiere obviamente, al proyecto en si y no al producto o servicio creados por éste. La acotación en tiempo del bienestar, los impactos sociales y económicos serán difíciles de cuantificar y mientras más dure el producto o servicio y se supondrá que es una ventaja al tratarse de características positivas.

El tiempo de un proyecto es finito, y este termina cuando se han logrado los objetivos del proyecto o cuando indeclinablemente se ha decidido que éstos no se lograrán o cuando la necesidad que dio origen al proyecto ya no existe y éste debe ser cancelado.

Esta temporalidad también afecta a los equipos del proyecto, porque una vez que el proyecto concluye el equipo es disuelto, ya que normalmente son creados con el único propósito de desarrollarlo. Ello involucra que rara vez los equipos permanezcan de igual forma que en el emprendimiento de aquellos.

También se entenderá por crear un producto o servicio único, aquellos emprendimientos que determinan hacer algo que no ha sido hecho antes y que por ello es único. Aquí es necesario aclarar que la presencia de elementos repetitivos no cambia la condición fundamental de único que tiene un proyecto. Por ejemplo, se pueden construir muchas casas o edificios de departamentos que parecen iguales, pero cada uno son productos únicos, ya que tendrán distinta ubicación y por ello diferentes técnicas de construcción, distintos dueños, contratistas, diseños, materiales, etc.

Una característica especial de los proyectos y que va unida al hecho que sea temporal y único, es la elaboración gradual. Esto se refiere a que el desarrollo del proyecto se va realizando a través de etapas y pasos que incrementan el avance de éste<sup>2</sup>. Con una definición adecuada del alcance del proyecto, será posible realizar una elaboración gradual de las especificaciones que se enmarquen dentro del tiempo de término del proyecto. El control del avance gradual cobra especial importancia cuando el proyecto responde a un contrato con terceros.

---

<sup>2</sup> *The American Heritage Dictionary of the English Language*, 3rd ed. Boston: Houghton Mifflin Company, 1992.

## 2. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

**D**e acuerdo a lo establecido por PMIBOK ® *“La administración de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de dirección de proyectos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. El director del proyecto es la persona responsable de alcanzar los objetivos del proyecto.”*<sup>3</sup>

El equipo de proyectos y su director deben identificar los factores críticos de éxito y establecer objetivos claros y alcanzables en la ejecución del proyecto. Ello, por cierto, no se refiere a los objetivos del proyecto, sino a aquellos necesarios para llevar a buen término el proyecto.

La administración de proyectos comienza de manera robusta en las organizaciones que funcionaban con tecnologías aeroespacial, electrónica y de comunicaciones, ya que estas tecnologías se caracterizan por cambiar rápidamente. Posteriormente, se han ido extendiendo estas condiciones, a otros ambientes tecnológicos, que son inestables, donde el crecimiento, la complejidad tecnológica y el cambio, son palpables a simple vista en las actividades de las organizaciones de hoy.

Según Hunter (1990), la Administración de Proyectos es la aplicación del enfoque de sistemas para la administración de tareas tecnológicas complejas o de proyectos cuyos objetivos se establecen explícitamente en términos de tiempo, costos, y parámetros de realización.<sup>4</sup>

Sin embargo, uno de los factores claves en la administración de proyectos es el Director del proyecto que debe equilibrar las demandas paralelas de calidad, alcance, costo y tiempo. En el medio, se habla de la trilogía de la

---

<sup>3</sup> PMIBOK ® *Guide, Project Management Institute Body of Knowledge*, Edición 2004. Este manual entrega los estándares regularmente aceptados y plantea las conductas de buenas prácticas en la Administración de Proyectos. Se han editado más de un millón de ejemplares que están en circulación. Project Management Body of Knowledge es mundialmente reconocida y está aprobada como un estándar por el American National Standards Institute (ANSI).

<sup>4</sup> *Manual para la Administración de Proyectos*. Hunter and Stickney. p. 695-715. CECSA 1999.

restricción o del triángulo de la restricción, referido al alcance, tiempos y costos del proyecto. Ella indica que estos factores están claramente interrelacionados de tal forma que la modificación de uno, al menos modificará uno de los dos restantes. Lo anterior significa que un proyecto de alta calidad, entrega un producto o servicio o resultado, con el alcance solicitado, dentro del tiempo planificado y de acuerdo a su presupuesto.

Las características de este Director son especiales, ya que debe ser tan creativo, flexible, dinámico y con una visión de conjunto, que viene a ser como un compilado de los Directores de Planificación, I + D, Operaciones y Finanzas.

Los conocimientos, herramientas y técnicas para administrar un proyecto, tales como la Estructura de Tareas EDT, análisis del camino crítico y la gestión del Valor Ganado EV <sup>5</sup> son del área específica de la administración de proyectos, pero estas técnicas reconocidas como buenas prácticas, no son suficientes por sí solas para dirigir eficientemente un proyecto. En este ámbito se requieren por lo menos el dominio de cinco áreas de experiencia.

- Fundamentos de la Dirección de Proyectos  
Estos están compuestos por el Ciclo de Vida de los proyectos, las áreas del conocimiento utilizadas en la administración de proyectos y los procesos en que se visualizan estas áreas.
- Conocimiento, normas y regulaciones del área de aplicación  
Esto se refiere al dominio de normas y regulaciones en áreas donde se ejecuten proyectos donde el conjunto de normas y buenas prácticas a menudo se convierten en regulaciones.
- Comprensión del entorno del proyecto  
Dado que los proyectos tienen impactos positivos y negativos, deseados y no deseados, es necesario que el equipo que gestiona el proyecto conozca el entorno cultural, social, político internacional y físico de donde se ejecutará el proyecto.
- Conocimiento y habilidades de administración general  
Se refiere a la amplia gama de conocimientos de administración que debe tener cualquier cargo de nivel estratégico en la organización.

---

<sup>5</sup> EV Earned Value = Valor Ganado

- Capacidad de relaciones interpersonales  
El liderazgo, la motivación al logro, la resolución de problemas, la negociación y administración de conflictos, la comunicación eficaz, la influencia en la organización, son habilidades necesarias para dirigir un proyecto.

Para que la administración de un proyecto funcione con éxito, dentro de una organización, debe haber un apoyo completo de la Alta Dirección, para ello es necesario que el administrador del proyecto provea de retroalimentación con respecto a los objetivos planteados en la ejecución de un proyecto. Es aconsejable una descripción escrita del proyecto a la autoridad por parte del Gerente o Director de un proyecto y una descripción escrita de los objetivos de éste para mejorar así la probabilidad de éxito.

### 3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

**E**n este marco de trabajo se destaca el concepto de ciclo de vida de los proyectos por ser uno de los componentes que explican con claridad el desarrollo, existencia y término de éstos.

En efecto, la gran necesidad de diseñar productos y servicios, integrando una variedad amplia de especialidades profesionales, que a su vez a generado subáreas más especializadas reconociéndose con ello la alta complejidad técnica creciente en el desarrollo de nuevos productos, ha demandado esta forma de administración conocida como administración de proyectos que pretende "...proveer administración sostenida, intensificada e integrada de los riesgos complejos" <sup>6</sup> y para conjugar una combinación de recursos humanos y materiales hacia "... una organización temporal para ejecutar un propósito específico". <sup>7</sup>

De lo anterior, se deduce que un proyecto tiene un ciclo de vida claro, finito y bien definido. Es este hecho, justamente, el que ha servido para diferenciar los proyectos de las tareas u operaciones continuas que se indicaron en el punto 1 anterior.

---

<sup>6</sup> Butler, A. G Jr. "Project Management: A Study in Organizational Conflict" Academy of Management Journal, p. 84 – 101. 1973.

<sup>7</sup> Cleland, David I., y King, William R. "System Analysis and Project Management . Mc graw-Hill Book Company, 1993.

Al final de la década de los 70 John Adams, determinaba su apoyo al ciclo de vida en los proyectos, estableciendo algunas diferencias que ocurren en la organización de proyectos al pasar por fases diferentes.<sup>8</sup>

En síntesis se puede decir que en los emprendimientos de los proyectos mayores, por lo general se observan las siguientes componentes: Se necesita que el patrocinador desarrolle algún producto o sistema nuevo dentro de las especificaciones de ejecución, en un determinado tiempo, y con determinados presupuestos críticos. Éstos definen el objetivo del proyecto. Una vez que se satisface dicho objetivo, el proyecto pierde el propósito de su existencia y se acaba. Entonces, la organización de un proyecto exhibe un ciclo de vida pronosticable: con frecuencia se dice que “nace” cuando la organización patrocinadora acepta la responsabilidad del problema y decide lograr el objetivo a través de la ejecución de un proyecto; éste “crece” y se expande a través de las fases de planeación y ejecución a medida que crecen también los incrementos de dinero, personal, instalaciones, tiempo administrativo y otros recursos; “declina” a medida que el objetivo se empieza a cumplir y ya no se requieren más recursos para que se vuelvan a asignar a otros esfuerzos de trabajo; y muere cuando cuando la responsabilidad del producto o servicio se pasa a la organización funcional que es el último cliente del proyecto entero.

Ya que un proyecto sigue su curso a través de su ciclo de vida, pasa por una secuencia de fases identificable, distinguidas unas de otras por los tipos de tareas características de cada fase y con frecuencia por los puntos de decisión formales en los cuales se determina si el proyecto ha tenido suficiente éxito en la fase anterior como para continuar con la próxima.

El paso de una fase a otra, normalmente involucra una entrega técnica, sin embargo, no es extraño que se empiece una fase sin haber terminado la actual, ello se denomina ejecución rápida, que es una técnica de compresión del cronograma. Lo anterior, supone un nivel de riesgo aceptable de término de fase.

Aunque no existe una cantidad fija de fases que defina el ciclo de vida ideal de los proyectos, ya que éstos pueden ser únicos para todos los proyectos, o flexible de acuerdo al proyecto que se trate, o seguir tendencias como la de la industria donde se inserta el proyecto. Con todo, existe consenso en que los ciclos de vida definen:

---

<sup>8</sup> John R. Adams, “Organizational Life Cycle Implications for Major R & D Projects”, Project Management Quarterly, Vol IX, N° 4. p. 32-39, 1978.

- Qué trabajo técnico se debe realizar en cada fase.
- Cuándo se deben generar los productos entregables en cada fase y cómo se revisa, verifica y valida cada producto entregable.
- Quién está involucrado en cada fase.
- Cómo controlar y aprobar cada fase.

Las descripciones del ciclo de vida del proyecto pueden ser muy generales o muy detalladas. Las descripciones muy detalladas de los ciclos de vida pueden incluir formularios, diagramas y listas de control para proporcionar estructura y control.

De acuerdo al PMBOK®, la mayoría de los ciclos de vida de proyectos comparten determinadas características comunes, tales como:

- En términos generales, las fases son secuenciales y, normalmente, están definidas por alguna forma de transferencia de información técnica o transferencia de componentes técnicos.
- El nivel de coste y de personal es bajo al comienzo, alcanza su nivel máximo en las fases intermedias y cae rápidamente cuando el proyecto se aproxima a su conclusión.
- El nivel de incertidumbre es el más alto y, por lo tanto, el riesgo de no cumplir con los objetivos es más elevado al inicio del proyecto. La certeza de terminar con éxito aumenta gradualmente a medida que avanza el proyecto.
- El poder que tienen los interesados en el proyecto para influir en las características finales del producto del proyecto y en el coste final del proyecto es más alto al comienzo y decrece gradualmente a medida que avanza el proyecto. Una de las principales causas de este fenómeno es que el coste de los cambios y de la corrección de errores generalmente aumenta a medida que avanza el proyecto. Ver Fig. 1.

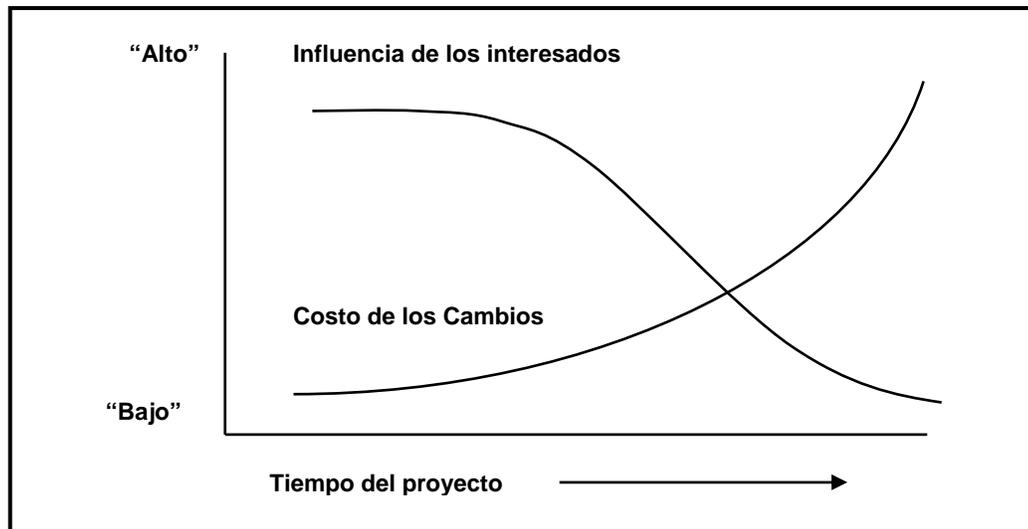


Fig. 1

### 3.1 Etapas del Ciclo de Vida

Las etapas de un proyecto pueden ser distintas para cada proyecto, aunque Barndt (1999)<sup>9</sup> sugiere una etapa conceptual, una de planeación, una de ejecución y una terminación. PMIBOK® por su parte, sugiere tres grandes grupos, uno inicial, otro intermedio y uno de cierre. Las posibilidades son muchas y dependerá del tipo de proyectos o del sector de industria de que se trate. Por ejemplo, es probable que en algunos casos la fase de prefactibilidad y evaluación sea un proyecto en si mismo y se considere separado del resto. También es posible que una fase se divida en más de un subproyecto que a su vez tenga sus propias fases. En definitiva no existe una norma rígida en cuanto a la cantidad de fases o etapas que tendrá el ciclo de vida de cada proyecto.

<sup>9</sup> Stephen E. Barndt., "Implicaciones de Comportamiento del Ciclo de Vida del Proyecto" p.249-271, CECSA, 1999.

### **3.2 Características de las Etapas**

Cada fase debe tener un final, una instancia de aprobación y uno o más productos entregables que estén claramente definidos. La existencia de estas características en forma copulativa dará origen a una nueva etapa.

Una parte importante de cada etapa es la instancia de control que aprueba continuar con la fase siguiente, tal como se expresara anteriormente, las etapas son secuenciales. Sin embargo, en algunos casos es factible asumir el riesgo, y empezar otra fase sin haber terminado la anterior. El riesgo se refiere a que en la instancia de control no se apruebe el cierre de la etapa y ya se haya empezado la siguiente, ello dependerá de la experiencia y el nivel de aversión al riesgo que tenga el gerente del proyecto. También existe la posibilidad que se cierre la etapa sin comenzar ninguna adicional, como puede ser el caso que se estime demasiado riesgoso seguir adelante o se trate de la etapa de cierre en donde se dé por terminado el proyecto.

### **3.3 Ciclo de Vida del Proyecto y Ciclo de Vida del Producto**

Es común que se tienda a confundir el ciclo de vida de un proyecto con el ciclo de vida de un producto, pero en general ello no es comparable, pues un producto pasa por sus etapas cuando ha sido generado por un proceso iterativo de operaciones cotidianas. En el mejor de los casos el producto ha sido generado por un proyecto que terminó con la entrega de este al mercado.

En este caso, el proyecto podría considerarse como parte de la fase inicial del producto con una perspectiva globalizante, es decir, el proyecto tiene su ciclo de vida y a su vez éste forma parte de otro ciclo de vida referido al producto en sí. Por ejemplo, se puede considerar que la construcción de un transbordador espacial es un gran proyecto en sí mismo, el producto es la nave que a su vez recién empieza su ciclo de vida como tal.

## **4. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE UN PROYECTO**

**E**l PMI BOK® ha definido nueve áreas de conocimiento donde se agrupan 44 de los procesos que determinan e inciden en la gestión de un proyecto, ellas son:

#### **4.1 Gestión de la Integración del Proyecto**

En esta área se encuentran los procesos y actividades que forman parte de la dirección de proyectos, aquí es donde se identifican, definen, combinan, unen y coordinan. Algunos de estos procesos de dirección de proyectos son desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto, desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar, desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto, dirigir y gestionar la Ejecución del Proyecto, supervisar y controlar el Trabajo del Proyecto, dirigir el Control Integrado de Cambios y cerrar proyecto.

#### **4.2 Gestión del Alcance del Proyecto.**

Aquí se encuentran los procesos necesarios para asegurarse de que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto satisfactoriamente. Se compone de los procesos de dirección de proyectos: Planificación del Alcance, Definición del Alcance, Crear EDT, Verificación del Alcance y Control del Alcance.

#### **4.3 Gestión del Tiempo del Proyecto.**

Esta área contiene los procesos relativos a la puntualidad en la conclusión del proyecto. Estos procesos de dirección de proyectos son: Definición de las Actividades, Establecimiento de la Secuencia de las Actividades, Estimación de Recursos de las Actividades, Estimación de la Duración de las Actividades, Desarrollo del Cronograma y Control del Cronograma.

#### **4.4 Gestión de los Costos del Proyecto.**

El área de los costos describe los procesos involucrados en la planificación, estimación, presupuesto y control de costes de forma que el proyecto se complete dentro del presupuesto aprobado. Se compone de los siguientes procesos de dirección de proyectos: Estimación de Costos, Preparación del Presupuesto de Costos y Control de Costos.

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

Aquí se describen los procesos necesarios para asegurarse de que el proyecto cumpla con los objetivos por los cuales ha sido emprendido. Estos procesos son: Planificación de Calidad, Realizar Aseguramiento de Calidad y Realizar Control de Calidad.

#### **4.6 Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto.**

Esta área involucra los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. Ellos son: Planificación de los Recursos Humanos, Adquirir el Equipo del Proyecto, Desarrollar el Equipo del Proyecto y Gestionar el Equipo del Proyecto.

#### **4.7 Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.**

Aquí se describen los procesos relacionados con la generación, recogida, distribución, almacenamiento y destino final de la información del proyecto en tiempo y forma. Esto comprende los siguientes procesos: Planificación de las Comunicaciones, Distribución de la Información, Informar el Rendimiento y Gestionar a los Interesados.

#### **4.8 Gestión de los Riesgos del Proyecto.**

Esta área describe los procesos relacionados con el desarrollo de la gestión de riesgos de un proyecto. Se compone de los procesos de: Planificación de la Gestión de Riesgos, Identificación de Riesgos, Análisis Cualitativo de Riesgos, Análisis Cuantitativo de Riesgos, Planificación de la Respuesta a los Riesgos, y Seguimiento y Control de Riesgos.

#### **4.9 Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.**

Aquí se describen los procesos para comprar o adquirir productos, servicios o resultados, así como para contratar procesos de dirección. Esta área se compone de los siguientes procesos: Planificar las Compras y Adquisiciones, Planificar la Contratación, Solicitar Respuestas de Vendedores, Selección de Vendedores, Administración del Contrato y Cierre del Contrato.

Como se puede observar, todas estas áreas interactúan en mayor o menor grado, observándose que la importancia relativa es distinta entre uno y otro proyecto. Para efectos de este trabajo, y por las materias tratadas en él, el área de acción se circunscribe a la de gestión de costos y la gestión de tiempos. En definitiva, y sin desmedro de las demás, en general son las áreas más relevantes de la administración de proyectos.

## 5. PROCESOS EN LOS PROYECTOS

Los procesos establecidos en la Administración de Proyectos son aplicables a la mayoría de ellos, independientemente del producto que se requiera al término de ellos.

La Administración de Proyectos en su tarea integradora debe velar porque cada etapa de la consecución de un proyecto, esté aceptablemente alineada con las otras. Sin embargo, por la dinámica propia de cada uno de éstos, existe la posibilidad que algunos procesos se superpongan temporalmente. Los procesos que se visualizan son los siguientes:

- Procesos de Iniciación
- Procesos de Planificación
- Procesos de Ejecución
- Procesos de Seguimiento y Control
- Procesos de Cierre.

### 5.1 Procesos de Iniciación

Es la reunión de aquellos procesos que tiene por objeto facilitar la autorización formal para comenzar un nuevo proyecto o una fase del mismo. Los procesos de iniciación, por lo general, se realizan fuera del ámbito de control del proyecto por la organización. Ello implica observar borrosos los límites del proyecto, en lo que se refiere a entradas iniciales de éste. Por ejemplo, antes de comenzar con las actividades de los Procesos de Iniciación, se documentan las necesidades o requisitos del negocio de la organización.

En estos procesos se establecen descripciones claras de los objetivos del proyecto, incluidas las razones por las cuales un proyecto específico es la mejor solución alternativa para satisfacer los requisitos. La documentación de esta decisión también contiene una descripción básica del alcance del proyecto, de los productos entregables, de la duración del proyecto y un pronóstico de los flujos de caja de los recursos para el análisis e inversión.

El marco conceptual del proyecto puede aclararse documentando los procesos de selección del proyecto. La relación entre el proyecto y el plan estratégico de la organización identifica las responsabilidades de dirección dentro de la organización.

Si aún no se hubiera designado, se elegirá al director del proyecto. También se documentarán las restricciones y supuestos iniciales. Esta información se refleja en el Acta de Constitución del Proyecto y, una vez aprobado, el proyecto queda oficialmente autorizado.

La participación de los clientes y otros interesados durante la iniciación mejora la aceptación de productos entregables, y la satisfacción de los primeros. Tal aceptación es crítica para el éxito del proyecto. El Grupo de Procesos de Iniciación inicia un proyecto o fase del proyecto, y la salida define la finalidad del proyecto, identifica los objetivos y autoriza al director del proyecto a iniciar el proyecto.

Los Procesos de Iniciación involucran los siguientes procesos:

#### **5.1.1 Desarrollo del Acta de Constitución del Proyecto**

Este proceso tiene por objeto contar con la autorización del proyecto, o una fase de éste, en el caso de un proyecto de múltiples fases. Es el proceso necesario para documentar las necesidades de negocio y el nuevo producto, servicio u otro resultado que se pretende obtener para satisfacer esos requisitos. Esta acta de constitución vincula el proyecto al trabajo continuo de la organización y autoriza el proyecto.

#### **5.1.2 Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar**

Este proceso es necesario para producir una definición preliminar de alto nivel del proyecto, usando el Acta de Constitución del Proyecto con otras entradas a los procesos de iniciación. Este proceso aborda y documenta los requisitos del proyecto y de los productos entregables, los requisitos de los productos, los límites del proyecto y los métodos de aceptación.

### **5.2 Procesos de Planificación**

El equipo de administración del proyecto usa los Procesos de Planificación e interacciones que lo componen, para planificar y gestionar con éxito un proyecto para la organización. El Proceso de Planificación ayuda a recoger información de varias fuentes de diverso grado de complejidad y confianza. Los procesos de planificación desarrollan el plan de gestión del proyecto.

Estos procesos también identifican, definen y maduran el alcance del proyecto, su costo y planifican las actividades del proyecto que se realizan dentro de éste. A medida que se obtenga nueva información sobre el emprendimiento, se identificarán o resolverán nuevas dependencias, requisitos, riesgos, oportunidades, supuestos y restricciones. Como consecuencia de la naturaleza multidimensional de la dirección de proyectos se producen lazos de retroalimentación que se utilizan para nuevos análisis. A medida que se obtiene más información o características del proyecto, y que éstas son comprendidas, pueden ser necesarias acciones de seguimiento.

Los cambios significativos durante el ciclo de vida del proyecto provocan la necesidad de reiterar uno o más de los procesos de planificación y, posiblemente, alguno de los procesos de iniciación.

También se ve afectada la frecuencia de iteración de los procesos de planificación. Por ejemplo, el plan de gestión del proyecto, desarrollado como una salida del Grupo de Procesos de Planificación, pondrá énfasis en la exploración de todos los aspectos del alcance, la tecnología, los riesgos y los costes. Las actualizaciones que surjan como consecuencia de cambios aprobados durante la ejecución del proyecto pueden causar un impacto significativo en partes del plan de gestión del proyecto. Las actualizaciones del plan de gestión del proyecto proporcionan más precisión respecto al cronograma, los costes y los requisitos de recursos a fin de satisfacer en su totalidad el alcance del proyecto definido.

Mientras planifica el proyecto, el equipo del proyecto debe involucrar a todos los interesados que corresponda, de acuerdo con cuál sea su influencia en el proyecto y sus resultados. El equipo del proyecto debe implicar a los interesados en la planificación del proyecto, ya que éstos tienen habilidades y conocimientos que pueden ser aprovechados en el desarrollo del plan de gestión del proyecto y en cualquiera de los planes subsidiarios.

Otras interacciones entre los procesos dentro del Grupo de Procesos de Planificación dependen de la naturaleza del proyecto. Por ejemplo, en algunos proyectos el riesgo será mínimo o no identificable hasta que se haya realizado la mayor parte de la planificación. En ese momento, el

equipo puede reconocer que los objetivos respecto a costos y cronograma son demasiado agresivos, con lo cual implican riesgos considerablemente mayores que los contemplados previamente. Los resultados de las iteraciones se documentan como actualizaciones al plan de gestión del proyecto.

Los procesos que el grupo de planificación debe abordar en su trabajo, son los siguientes:

### **5.2.1 Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto**

Es el proceso necesario para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios en un plan de gestión del proyecto. El plan de gestión del proyecto es la principal fuente de información para determinar cómo se planificará, ejecutará, supervisará y controlará, y cerrará el proyecto.

### **5.2.2 Planificación del Alcance**

Es el proceso necesario para crear un plan de gestión del alcance del proyecto que documente cómo se definirá, verificará y controlará el alcance del proyecto, y cómo se creará y definirá la estructura de desglose del trabajo.

### **5.2.3 Definición del Alcance**

Es el proceso necesario para desarrollar un enunciado detallado del alcance del proyecto como base para futuras decisiones del proyecto. Los principales insumos para este proceso son el Acta de Constitución, el Plan de Gestión, el alcance preliminar, presupuesto del proyecto y las solicitudes de cambio aprobadas.

### **5.2.4 Crear EDT**

Este es el proceso necesario para subdividir los principales productos entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de gestionar.

### **5.2.5 Definición de las Actividades**

Es el proceso necesario para identificar las actividades específicas que deben realizarse para producir los diversos productos entregables del proyecto. Serán los principales insumos de este proceso: la definición del alcance, la estructura de desglose de tareas, diccionario EDT y el plan de gestión del proyecto.

### **5.2.6 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades**

Es el proceso necesario para identificar y documentar las dependencias entre las actividades del cronograma.

### **5.2.7 Estimación de Recursos de las Actividades**

Es el proceso necesario para estimar los tipos y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad del cronograma.

### **5.2.8 Estimación de la Duración de las Actividades**

Es el proceso necesario para estimar la cantidad de períodos laborables que se requerirán para completar cada actividad del cronograma. Aquí se necesitará el enunciado del alcance del proyecto, la lista de actividades, los atributos de la actividad, requerimientos de recursos de la actividad, calendario de recursos, el registro de riesgos y la estimación de costos de la actividad.

### **5.2.9 Desarrollo del Cronograma**

Es el proceso necesario para analizar las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de los recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.

### **5.2.10 Estimación de Costes**

Es el proceso necesario para desarrollar una aproximación de los costes de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. Los insumos principales que utiliza este proceso son: el enunciado del alcance, la estructura de desglose del trabajo, el Diccionario EDT y el plan de gestión del cronograma, el plan de gestión de personal y el registro de riesgos.

### **5.2.11 Preparación del Presupuesto de Costos**

Es el proceso necesario para sumar los costes estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo a fin de establecer una línea base de coste. Para desarrollar este proceso se requiere el enunciado del alcance del proyecto, la estructura de desglose del trabajo, el diccionario EDT, la estimación de costes, la información de respaldo de la estimación de costos, cronograma del proyecto, calendario de recursos, el plan de gestión de costos y el contrato.

### **5.2.12 Planificación de Calidad**

Es el proceso necesario para identificar qué estándares de calidad son relevantes para el proyecto, y determinar cómo satisfacerlos.

### **5.2.13 Planificación de los Recursos Humanos**

Es el proceso necesario para identificar y documentar los roles dentro del proyecto, las responsabilidades y las relaciones de comunicación, así como para crear el plan de gestión de personal.

### **5.2.14 Planificación de las Comunicaciones**

Es el proceso necesario para determinar las necesidades con respecto a la información y las comunicaciones de los interesados en el proyecto.

### **5.2.15 Planificación de la Gestión de Riesgos**

Es el proceso necesario para decidir cómo abordar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.

### **5.2.16 Identificación de Riesgos**

Es el proceso necesario para determinar qué riesgos podrían afectar al proyecto y documentar sus características.

### **5.2.17 Análisis Cualitativo de Riesgos**

Es el proceso necesario para priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto.

### **5.2.18 Análisis Cuantitativo de Riesgos**

Es el proceso necesario para analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto.

### **5.2.19 Planificación de la Respuesta a los Riesgos**

Es el proceso necesario para desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

### **5.2.20 Planificar las Compras y Adquisiciones**

Es el proceso necesario para determinar qué comprar o adquirir, y cuándo y cómo hacerlo.

### **5.2.21 Planificar la Contratación**

Es el proceso necesario para documentar los requisitos de los productos, servicios y resultados, y para identificar a los posibles vendedores.

## **5.3 Procesos de Ejecución**

Estos procesos son aquellos utilizados para completar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto de acuerdo a las especificaciones de éste. Estos procesos involucran la coordinación de personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades del proyecto, de acuerdo con el plan de gestión del proyecto. En este grupo de procesos también se aborda el alcance definido en el Alcance del Proyecto e implementan los cambios aprobados.

Como es de esperar, en los procesos de ejecución, generalmente existen variaciones que pueden representar alteraciones en la duración de las actividades, la productividad y disponibilidad de los recursos, y los riesgos no visualizados. Ello requerirá de un análisis para determinar si afectarán el plan de gestión del proyecto. Si fuera necesario, éste recomendará realizar una solicitud de cambio, que al ser aprobada, nos encontraríamos frente a una replanificación que terminará en una nueva línea de base de presupuesto. Generalmente este grupo de procesos es el que concentra la mayor proporción del presupuesto.

En los Procesos de Ejecución se encuentran los siguientes procesos:

### **5.3.1 Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto**

Este proceso dirige los diversos aspectos técnicos y de la organización que existen en el proyecto a fin de ejecutar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto. Los productos entregables son producidos como salidas de los procesos realizados según se define en el plan de gestión del proyecto. Las entradas de este proceso son el plan de gestión del proyecto, las acciones correctivas aprobadas, las acciones preventivas aprobadas, las solicitudes de cambio aprobadas, las reparaciones de defectos aprobadas y el procedimiento de cierre administrativo.

### **5.3.2 Realizar Aseguramiento de Calidad**

Es el proceso necesario para realizar las actividades planificadas y sistemáticas de calidad a fin de garantizar que el proyecto utilice todos los procesos necesarios para satisfacer los requisitos. Las entradas de este proceso son: el plan de gestión de la calidad, el plan de mejora del proceso, información sobre el rendimiento del trabajo, solicitud de cambio aprobadas, mediciones del control de calidad, solicitudes de cambio aprobadas, acciones correctivas implementadas, reparación de defectos implementadas, entre otras.

### **5.3.3 Adquirir el Equipo del Proyecto**

Es el proceso necesario para obtener los recursos humanos necesarios para completar el proyecto. Son entradas al proceso, entre otras: Los roles y responsabilidades, organigrama del proyecto y el plan de gestión de personal.

### **5.3.4 Desarrollar el Equipo del Proyecto**

Es el proceso necesario para mejorar las competencias y la interacción de los miembros del equipo a fin de lograr un mejor rendimiento del proyecto.

### **5.3.5 Distribución de la Información**

Es el proceso necesario para poner la información necesaria a disposición de los interesados en el proyecto cuando corresponda. El documento de entrada es el plan de gestión de las comunicaciones.

### **5.3.6 Solicitar Respuestas de Vendedores**

Es el proceso necesario para obtener información, presupuestos, licitaciones, ofertas o propuestas. Sus corrientes de entrada son el plan de gestión de las adquisiciones y los documentos de la adquisición.

### **5.3.7 Selección de Vendedores**

Es el proceso necesario para analizar ofertas, seleccionando entre los posibles vendedores y negociando un contrato por escrito con el vendedor.

## **5.4 Procesos de Seguimiento y Control**

Los Procesos de Seguimiento y Control concentran aquellos procesos realizados que implican observar la ejecución del proyecto, identificando las desviaciones oportunamente con el objeto de adoptar las acciones correctivas pertinentes. Es el equipo del proyecto quien determina qué procesos son necesarios para cada proyecto específico. El documento clave que sirve para determinar las variaciones de rendimiento es el plan de gestión del proyecto.

A este grupo de procesos de seguimiento y control también le corresponde controlar los cambios y hacer una prospección de los posibles problemas para recomendar las acciones pertinentes.

La tarea de Seguimiento y Control es continua y además de supervisar y controlar todo el trabajo del proyecto, lo hace en cada grupo de procesos, estableciendo las retroalimentaciones necesarias entre cada fase del proyecto. Cuando una o algunas variaciones ponen en peligro los objetivos del proyecto, se revisan los procesos de dirección de proyectos correspondientes dentro del Grupo de Procesos de Planificación, donde pueden surgir actualizaciones recomendadas para el plan de gestión del proyecto.

### **5.4.1 Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto**

Este proceso mide y transfiere información sobre el rendimiento, estudia las tendencias y realiza un seguimiento de los riesgos probables para detectar las desviaciones en forma temprana para aplicar los planes de contingencias. El informe de rendimiento debiera abarcar evaluaciones sobre el alcance, cronograma, costos, recursos, calidad y riesgos. Los insumos más importantes en este proceso son el plan de gestión, información sobre el rendimiento del trabajo y las solicitudes de cambio.

#### **5.4.2 Control Integrado de Cambios**

Este proceso es fundamental para controlar los factores que generan los cambios, de tal forma que éstos jueguen a favor y no en contra, del logro de los objetivos. Es un proceso permanente que debe permitir detectar cambios, incluso en el mismo momento que se producen.

El proceso debe considerar información relevante sobre el plan de gestión del proyecto, los cambios solicitados, el rendimiento del trabajo, las acciones preventivas recomendadas, la reparación de defectos recomendados y los productos entregables.

#### **5.4.3 Verificación del Alcance**

Es el proceso necesario para formalizar la aceptación de los productos entregables terminados del proyecto. En este proceso se considera como insumo el enunciado del alcance del proyecto, el diccionario EDT, el plan de gestión del alcance y los productos entregables.

#### **5.4.4 Control del Alcance**

Es el proceso necesario para controlar los cambios en el alcance del proyecto. Este proceso necesita también como insumos el enunciado y gestión del alcance, la EDT, los informes de rendimiento y las solicitudes de cambio aprobadas, resultando de este proceso todo lo anterior en forma actualizada.

#### **5.4.5 Control del Cronograma**

Es el proceso necesario para controlar los cambios en el cronograma del proyecto. Sus parámetros de comparación son el plan de gestión del cronograma y la línea base del cronograma, considerando al efecto los informes de rendimiento y las solicitudes de cambio aprobadas.

#### **5.4.6 Control de Costos**

Es el proceso de ejercer influencia sobre los factores que crean variaciones de costos y controlar los cambios en el presupuesto del proyecto. El proceso considera principalmente la línea base de costos, los requisitos de financiación, el plan de gestión del proyecto, los informes de rendimiento y las solicitudes de cambio aprobadas.

#### **5.4.7 Realizar Control de Calidad**

Este proceso supervisa que los resultados entregables y específicos del proyecto cumplan con los estándares de calidad relevantes y debe determinar la forma de eliminar o anular las causas de un rendimiento insatisfactorio.

#### **5.4.8 Gestionar el Equipo del Proyecto**

Este proceso realiza un seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionando la adecuada retroalimentación para adoptar acciones que resuelvan los problemas suscitados y coordina los cambios para mejorar el rendimiento del proyecto.

#### **5.4.9 Informar el Rendimiento**

Es el proceso que recoge y distribuye la información sobre el rendimiento. Esto incluye informes de situación, medición del avance y previsiones.

#### **5.4.10 Gestionar a los Interesados**

Este proceso gestiona las comunicaciones a fin de satisfacer los requisitos de los interesados en el proyecto y resolver los problemas que se susciten con éstos. Todo ello se realiza en base al plan de gestión de las comunicaciones.

#### **5.4.11 Seguimiento y Control de Riesgos**

Es el proceso necesario para realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

#### **5.4.12 Administración del Contrato**

Es el proceso necesario para gestionar el contrato y la relación entre el comprador y el vendedor. Ello en base al plan de gestión del Contrato, lo que incluye revisar y documentar los rendimientos y las solicitudes de cambio aprobadas.

## **5.5 Procesos de Cierre**

Los Procesos de Cierre son utilizados para finalizar formalmente todas las actividades de un proyecto o de una fase de un proyecto, o de entregar el producto terminado a terceros o cerrar un proyecto cancelado. También verifica que todos los procesos se hayan completado, certificando formalmente que se ha finalizado un proyecto o fase de éste.

Se han definido dos procesos que componen el cierre:

### **5.5.1 Cerrar Proyecto**

Este proceso se utiliza para finalizar todas las actividades de todos los Grupos de Procesos a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del proyecto. A partir, principalmente, del plan de gestión del proyecto, la documentación del contrato y los productos entregables, se determinan los procedimientos de cierre administrativo y del contrato y los productos finales (productos o servicios).

### **5.5.2 Cierre del Contrato**

Este proceso sirve para completar y aprobar cada contrato, incluyendo la resolución de cualquier tema pendiente y el cierre de cada contrato aplicable al proyecto o a una fase del proyecto. Para obtener los contratos completados y terminados, aquí se trabaja con el plan de gestión de las adquisiciones, el plan de gestión del contrato y su documentación más el procedimiento de cierre del contrato.

## **6. INTERACCIONES ENTRE PROCESOS**

Los Grupos de Procesos de la Administración de Proyectos, es decir procesos de Iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre –que se revisaron en el punto 5 anterior- están relacionados por los resultados que producen. Generalmente la salida de un proceso se convierte en una entrada a otro proceso o es un producto entregable del proyecto. Sin embargo, los Grupos de Procesos pocas veces son eventos discretos o que ocurren una única vez (Ver Figura 2); ellos, como es lógico pensar, tienen actividades que se superponen y otras que son iterativas en

cada etapa del proyecto. La figura siguiente ilustra, a modo esquemático, el desarrollo de los distintos procesos.

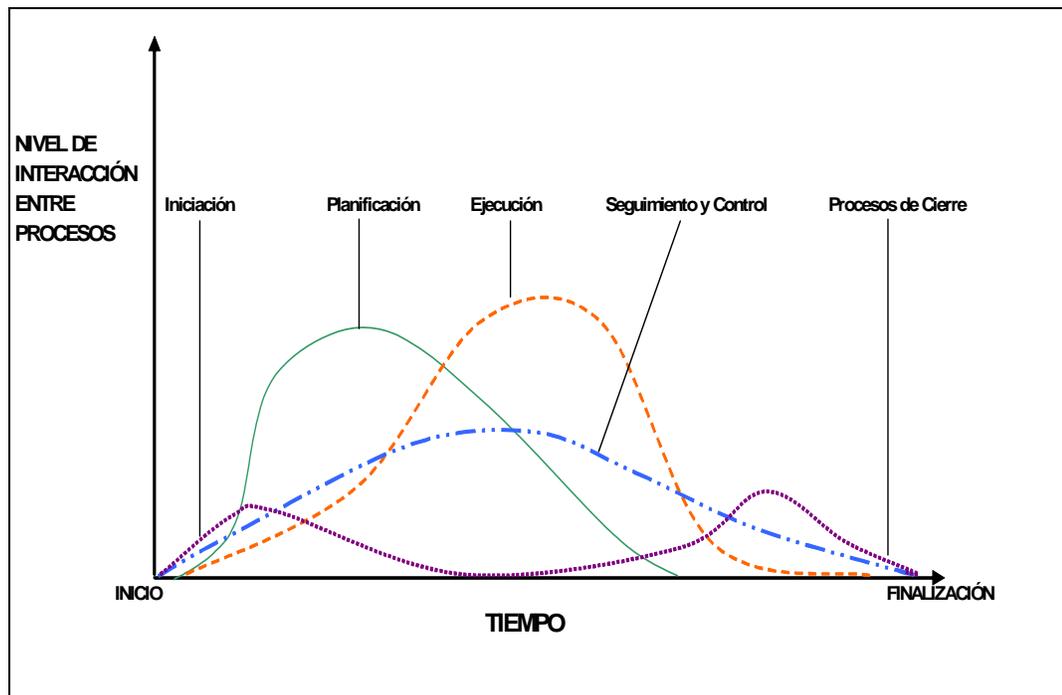


Fig. 2

Cabe destacar que no todos los procesos son aplicables a todos los proyectos y no todas las interacciones serán aplicables a todos los proyectos o fases del proyecto.

## 7. RELACIÓN ENTRE LOS GRUPOS DE PROCESOS Y LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO.

Esta relación se presenta a través de los 44 procesos de Administración de Proyectos en los cinco Grupos de Procesos de Administración de Proyectos y las nueve Áreas de Conocimiento, todos ellos descritos en los párrafos anteriores. La tabla de doble entrada que se presenta a continuación, muestra a cada proceso dentro del grupo de procesos donde se lleva a efecto la mayor parte de la actividad, ya que como se dijo anteriormente ni el comportamiento de los grupos de procesos, y por ende, sus procesos son necesariamente discretos. Por

ejemplo, cuando un proceso que normalmente se lleva a cabo durante la planificación se revisa o actualiza durante la ejecución, sigue siendo el mismo proceso que se realizó durante el proceso de planificación y no constituye un nuevo proceso adicional.<sup>10</sup>

El cuadro de la Tabla 1, que se muestra en la página siguiente presenta las nueve áreas de conocimiento y su correspondencia con los grupos de procesos a través de los procesos de la Administración de Proyectos.<sup>11</sup>

## 8. IMPORTANCIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS Y DE SUS PROCESOS

La importancia de trabajar en este tema se justifica plenamente al observar las estratosféricas cifras de recursos que se pierden anualmente por efecto de proyectos que no terminan o terminan con algo distinto de lo que se planteaba como producto a entregar.

Daniel Piorun (2003), estableció en un estudio de más de 50 casos que las razones de un fracaso pueden ser las siguientes:

21 % Cambios en los objetivos definidos a nivel estratégico  
31 % No utilización, o mala utilización de metodologías de trabajo  
48 % Problemas humanos, de conducción, comunicación y conflictos entre las personas.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Una Guía a los Fundamentos de Administración de Proyectos (PMBOK® Guide). Edición 2000. Pág.37

<sup>11</sup> Tabla extraída y adaptada de la referencia al pie anterior. Pág. 38

<sup>12</sup> Piorun Daniel, ¿Por qué fracasan los proyectos? <http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=201>.

| Procesos de un Área de Conocimiento    | Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos  |  |  |  |                             |
|--|---|--|--|--|-----------------------------|
|  | Grupo de Procesos de Iniciación   | Grupo de Procesos de Planificación   | Grupo de Procesos de Ejecución                 | Grupo de Procesos de Seguimiento y Control                                       | Grupo de Procesos de Cierre |
| Gestión de la integración del Proyecto | Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.<br>Desarrollar el enunciado del Alcance del Proyecto preliminar | Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto.   | Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto. | Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto.<br>Control integrado de cambios. | Cerrar Proyecto.            |
| Gestión del Alcance del Proyecto       |   | Planificación del Alcance<br>Definición del Alcance<br>Crear EDT   |  | Verificación del Alcance<br>Control del Alcance                                  |                             |
| Gestión del Tiempo del Proyecto        |   | Definición de las Actividades.<br>Establecimiento de la Secuencia de las actividades.<br>Estimación de Recursos de las Actividades<br>Estimación de la duración de las Actividades<br>Desarrollo del Cronograma. |  | Control del Cronograma.  |                             |
| Gestión de los Costes del Proyecto     |   | Estimación de Costes<br>Preparación del Presupuesto de Costes.   |  | Control de Costes  |                             |
| Gestión de la Calidad del Proyecto     |   | Planificación de calidad   | Realizar aseguramiento de calidad              | Realizar Control de Calidad  |                             |

|  |  |   |   |  |                      |
|--|--|---|---|--|----------------------|
| Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto |  | Planificación de los Recursos Humanos   | Adquirir el Equipo del Proyecto<br>Desarrollar el Equipo del Proyecto | Gestionar el Equipo del Proyecto                         |                      |
| Gestión de las Comunicaciones del Proyecto   |  | Planificación de las comunicaciones   | Distribución de la Información.                                       | Informar el Rendimiento.<br>Gestionar a los interesados. |                      |
| Gestión de los Riesgos del Proyecto.         |  | Planificación de la Gestión de Riesgos.<br>Identificación de Riesgos<br>Análisis Cualitativo de Riesgos<br>Análisis Cuantitativo de Riesgos<br>Planificación de la Respuesta a los Riesgos. |   | Seguimiento y Control de Riesgos.                        |                      |
| Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.   |  | Planificar las Compras y Adquisiciones<br>Planificar la Contratación.   | Solicitar Respuestas de Vendedores<br>Selección de Vendedores.        | Administración del Contrato                              | Cierre del Contrato. |

**TABLA 1**

**Relaciona los procesos con 9 áreas de conocimiento establecidas por PMI®**

El estudio titulado “The CHAOS Report” publicado por Standish Group presenta otra clasificación diferente acerca de las causas de los fracasos de los proyectos:

- 13,1% Requerimientos Incompletos
- 12,4% Falta de Involucramiento de Usuarios
- 10,6% Falta de Recursos
  - 9,9% Expectativas no realistas
  - 9,3% Falta de Soporte Ejecutivo
- 8,7% Requerimientos Cambiantes
- 8,1% Falta de Planificación
- 7,5% No se necesita mas
- 6,2% Falta de IT Management

4,3% Desconocimiento Tecnológico  
9,9% Otros

Al repasar las causas que apunta el Standish Group, que son más detalladas, se puede observar que en su gran mayoría podrían ser clasificadas en uno de los tres grupos presentados por Piorun.

A mayor abundamiento el estudio informa que sólo en USA se pierden anualmente US\$ 81 billones entre las agencias gubernamentales y los privados, mientras que la Unión Europea pierde 118 billones de euros.

El estudio determina finalmente que:

- ✓ **17%** : Son proyectos exitosos.
- ✓ **50%** : Son proyectos con cambios en los objetivos.
- ✓ **33%**: Son proyectos cancelados.<sup>13</sup>

En síntesis, son muchos los proyectos que fracasan y su costo es muy alto, el que indirectamente pagan todos los ciudadanos de esta aldea mundial. De allí que es de suma importancia generar conciencia y masa crítica para profesionalizar el área de administración de proyectos.

En este sentido, un objetivo de este trabajo es contribuir al mayor conocimiento sobre esta disciplina, a través de la utilización de la técnica del valor ganado –que se verá en el capítulo siguiente- para administrar de mejor forma los procesos involucrados en el desarrollo de proyectos, especialmente la gestión de costos y del cronograma, apoyada esta última con una presentación de un estimador de término de proyectos a partir de un determinado tiempo de ejecución.

\*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*

---

<sup>13</sup> Standish Group, The CHAOS Report (1994).

[http://www.standishgroup.com/sample\\_research/chaos\\_1994\\_1.php](http://www.standishgroup.com/sample_research/chaos_1994_1.php). Págs. 1-4

## II. VALOR GANADO (EVM) Y SISTEMA DE CONTROL

La metodología del valor ganado, la técnica del valor ganado, la administración del valor ganado, o la gestión del valor ganado, EVM (Earned Value Management), se usan indistintamente en el área de administración de proyectos. Tanto así que las revistas especializadas la han catalogado como el “primetime” del nuevo milenio, comparable quizás con la revolución que causó la técnica PERT (Program Evaluation and Review Technique) en su tiempo -Década de los 50’s- cuando la complejidad de los sistemas de armamentos fue incrementándose cada vez más y gran parte del desarrollo de éstos fueron objetos de grandes contratos con firmas no gubernamentales.

Ha sido impresionante observar como ha crecido la adopción de esta técnica primero en el gobierno de los EEUU a través de su Departamento de Defensa (DoD) y luego en el resto del mundo. A modo de ejemplo, Australia fue uno de los primeros en adoptar esta técnica, llevada fundamentalmente por los problemas que le traía la aplicación en EEUU debido al permanente cambio de las reglas de juego y sus objetivos. Canadá, por su parte, la empezó a aplicar a pequeños proyectos y Japón se unió a la comunidad del EVM, no desde el sector de la defensa, sino desde el Ministerio de la Construcción.

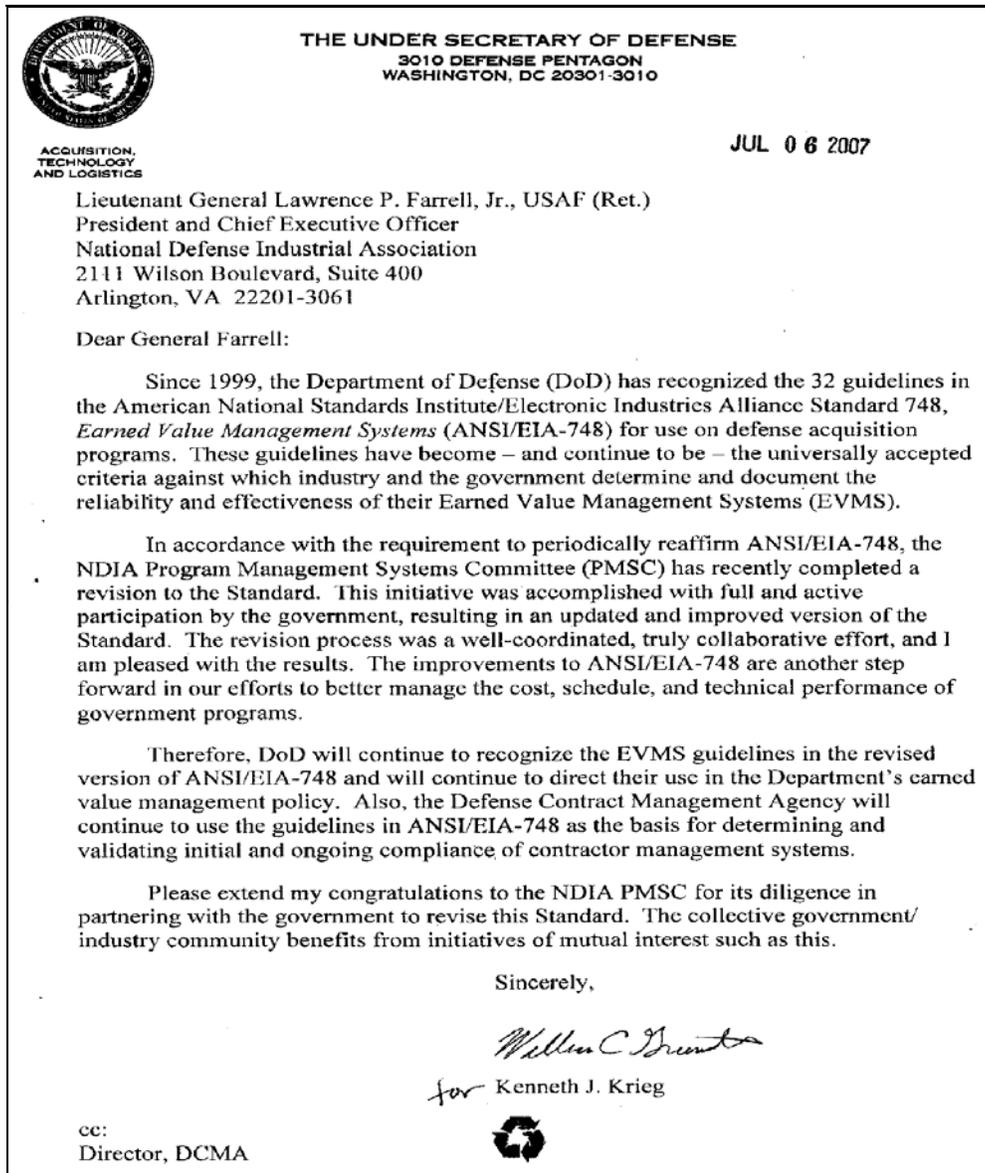
Sin lugar a dudas el EVM en EEUU es un método efectivo para gestionar complejos contratos de defensa. Tanto así, que el DoD recobró su reputación de líder mundial en la administración de proyectos, e incluso, ahora puede mostrar resultados inimaginables, como que en algunos programas se ha llegado al idílico estado en el cual los costos ahorrados se pueden destinar a otros usos.<sup>1</sup>

En nuestro país, se empezó con un incipiente desarrollo hace algunos años, cabe recordar que sólo hace 10 años se formó el Capítulo Chileno de PMI (Project Management Institute) quien ha crecido enormemente con una de las principales funciones que es certificar a profesionales PMP y difundir, por ende la disciplina y sus técnicas, entre ellas el EVM.

---

<sup>1</sup> Traducido y Resumido de: Abba, Wayne, “How Earned Value Got to Primetime” PMI, Houston, Texas 2000.

A pesar que el vertiginoso avance del conocimiento no se detiene, y que lo que existía hace 5 años, hoy es distinto, y probablemente también lo será dentro de 5 años más, el EVM sigue vigente hoy con tanta fuerza como en los inicios del nuevo milenio.



**FIG. 3 El DoD continúa reconociendo el uso del EVMS de acuerdo a las pautas en ANSI/EIA-748**

Ello se demuestra, por ejemplo, a modo de ilustrativo en la Figura 3, en la reciente carta, del pasado mes de julio de 2007, que envía el Secretario de Defensa de EEUU al Presidente y CEO de la Asociación Nacional de Industriales de la Defensa y con copia a la Agencia de Administración de Contratos de Defensa (DCMA), en la que expresa que el DoD ha reconocido las 32 pautas establecidas por el Instituto Nacional de Estándares Americanos en donde el sistema de gestión del valor ganado se acepta para su uso en los programas de adquisiciones de defensa. Agrega, además, que estas pautas han llegado a ser y continuarán siendo el criterio universalmente aceptado entre la industria y el gobierno.

En este capítulo se expondrá una reseña histórica del EVM, sus fundamentos teóricos e indicadores, y se presentará el desarrollo teórico de un nuevo estimador de tiempo restante de proyectos en ejecución, terminando con la propuesta de un sistema de control basado en EVM.

## 1. RESEÑA HISTÓRICA<sup>2</sup>

Todo empieza inicialmente en el DoD de EEUU, donde el Departamento de Adquisiciones de Defensa se ve enfrentado regularmente al dilema entre aportar con más recursos y tiempo a un proyecto o cancelarlo. Ello sucede normalmente por la competencia entre proyectos en los que, para ganarlos, se realizan pronósticos muy optimistas.

En algunos casos los proyectos tuvieron que seguir y terminaron con valores extremadamente altos, y es que a diferencia de otros proyectos comerciales, los del DoD conllevan a productos finales que nunca antes se han hecho.

En la década de los cincuenta, ante un desarrollo de sistemas de armas nuevas, el DoD tuvo que diseñar cada vez contratos más complejos, con técnicas de administración mucho más sofisticadas que en la industria. En ese entonces la Armada implementó una herramienta de dirección llamada PERT como requisito del contrato. Sin embargo, la descoordinación de

---

<sup>2</sup> Esta breve reseña histórica trata fundamentalmente su desarrollo dentro de EEUU, no porque solamente allí se gestó, sino porque es el país que tiene el proceso más documentado y accesible. Ello, por cierto, no desmerece la participación que han tenido otros países del hemisferio.

estas iniciativas y la proliferación de complejidad creciente con una administración industrial inadecuada, trajo consigo en el futuro a EVM.

Pero el camino no sería sencillo, al principio las ramas no se ponían de acuerdo. La Fuerza Aérea pensaba, al igual que el Ejército, que el PERT era demasiado rígido. Fue entonces que el funcionario de aquella, Hans Driessnack, investigando las mejores prácticas de administración que usaban las empresas americanas, consiguió establecer el C/SPCS (Cost/Schedule Planning Control System).<sup>3</sup>

En 1966 la Oficina del Ministerio de defensa, trató de resolver el problema adoptando las especificaciones generadas por la Fuerza Aérea y lo coordinó con los otros servicios. En 1967 el DoD emitió la instrucción 7000.2 “ Medidas de Rendimiento para Seleccionar las Adquisiciones” y se ordenó uniformar los procedimientos del DoD para alivio de los industriales. Ello se hizo a través de C/SCSC (COST/SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA) que precedió al C/SPCS. Estas instrucciones marcaron el nacimiento de una nueva y revolucionaria forma de trabajar con la industria y del EVM.

El Secretario de Defensa David Packard se encargó de que los servicios prestados por la industria aplicaran el EVM y para ello facilitó todos los medios para capacitarlos.

En junio de 1970, el gobierno y los industriales discuten los procedimientos en aplicación, muchas veces la alianza gobierno/industria se caracterizó por la hostilidad y suspicacia mutua, sin embargo, en el futuro se logró una cooperación extraordinaria.

Los desafíos de la Administración de proyectos de hace décadas son iguales a los de ahora, pero más complejos, todo ello afectado por una proporción cada vez más pequeña del presupuesto de defensa nacional y una industria más aglutinada.

El caso de los F-22 (Schneider 2000) que incorporó sensores para recuperarse del daño producido en combate, demuestra que no existe equivalente comercial para investigar estas capacidades avanzadas, dejando al gobierno asumir el costo y riesgo de este desarrollo. Sin embargo, este proyecto costó US\$62,5 mil millones, por lo que la presión

---

<sup>3</sup> Driessnack, Hans H.”Integrated Program Management Conference, Tyson Corner, 1999.

del Congreso y afán de proteger el interés público, significó reconocer en el EVM una manera eficaz de integrar el alcance del trabajo del proyecto, su cronograma y los recursos asociados.<sup>4</sup>

Después de una larga y penosa historia de éxitos y fracasos, se dieron cuenta que el C/SCSC debía ser optimizado y a pesar que se demostró que la información del EVM no era utilizada eficazmente, duras batallas se dieron para que finalmente en 1998 la industria diseñaría su propia norma para EVM, esta es la ANSI/EIA 748-98, la que a su vez adoptó el DoD en el año 1999.

El DoD también proporcionó el acceso a su extensa base de datos, y se empezó a investigar produciendo una impresionante número de publicaciones que mejoró el EVM. Parte de la literatura comprensiva del EVM esta en la red.<sup>5</sup>

En el mundo civil la preocupación en torno al tema también ocupa esfuerzos. Por ejemplo, en 1999 la Compañía Boeing, editó un Manual titulado “Practicas Integradas de Gestión del Rendimiento” y lo hizo obligatorio para todas sus compañías, declarando que éste esta basado en el ambiente, el cliente, los requerimientos, tamaño, alcance y las necesidades orgánicas individuales.

También en 1999, el DoD informaba al Ministerio de Defensa que habían más de 100 Contratos Flexibles aplicando la metodología del EVM que representaban sólo el 5.5% de los contratos equivalentes a US\$ 1,2 mil millones, con la expectativa de llegar al año 2000 al 66%, representando US\$ 72.8 mil millones.<sup>6</sup>

En marzo del 2000 el proyecto para extender la vida de fatiga del material de la estructura aérea, recibió del Vicepresidente de la Revista National Performance Hummer una distinción por haber ahorrado y devuelto a sus patrocinadores la suma de US\$ 268 millones.

El dominio casi exclusivo por muchos años del DoD de EEUU como centro del universo del EVM ha terminado y aunque sigue siendo participante

<sup>4</sup> Schneider, Grez. 2000 Legislator Threatens To Block jet Again. Washington Review, April.

<sup>5</sup> Parte de la literatura bibliográfica del EVM se encuentra disponible en el sitio [www.cpm-pmi.org](http://www.cpm-pmi.org).

<sup>6</sup> Christle, , Gary E., Integrated Program Management Conference, Tyson Corner, 1999.

activo – su sitio web al respecto es excelente <sup>7</sup>- , otros actores importantes aparecieron, dando un impulso al conocimiento, divulgación y aplicación del EVM. Entre ellos se pueden citar la Asociación de Industriales de la Defensa Nacional y el nacimiento del PMI (Project Management Institute)

En la actualidad, el gobierno de los EEUU a través de la Oficina Ejecutiva del Presidente y la Dirección de Presupuesto han incorporado los principios del EVM en la planificación del Presupuesto y como guía de ejecución a todas las agencias gubernamentales, residiendo la responsabilidad de su aplicación en la Office of Federal Procurement Policy, la que cada año debe evaluar el progreso de las agencias a este respecto.

En síntesis, tanto la Universidad de la Gestión del Rendimiento como el EVM, han llegado a estas alturas a través de un proceso de larga maduración que empezó en el Departamento de Defensa y sus industriales y se extiende a través de todo el mundo.

En este camino, la aplicación del EVM se estudió, comparó con técnicas antiguas y recicladas de administración tales como PERT, CPM, TQM, JIT, ABC, ABM, CCPM. En todos los casos el EVM quedó intacto y muchas veces mejorado. Ello porque sus principios son amplios y aplicables tanto a proyectos, complejos como sencillos.

## **2. VALOR GANADO**

**C**onceptualizar el Valor Ganado no es difícil porque éste nace de situaciones reales muy cercanas a las vivencias que todo el mundo ha tenido.

En efecto, suponga que Ud. ha planificado sus vacaciones al Caribe que incluyen: un curso de buceo, turismo aventura en un todoterreno para terminar en una bajada en rafting y, finalmente, un par de días de descanso antes de volver. Sin embargo, al llegar al aeropuerto no lo dejan embarcar porque tiene el pasaporte vencido, por tanto pierde dos días en renovarlo y debe pagar una multa por cambio de fecha en los tickets de avión. Al llegar, disfruta de su curso de buceo, pero al empezar el turismo aventura choca con otro vehículo, por lo que queda detenido dos días y debe pagar

---

<sup>7</sup> Material sobre el valor ganado aparece en el sitio web del DoD de EEUU: [www.acq.osd.mil/pm](http://www.acq.osd.mil/pm)

fianza más daños a terceros, sin contar que perdió su bajada en rafting y ya no le quedan días para descansar. De regreso Ud. saca cuentas y es evidente que el valor gastado fue superior al presupuestado y lo que obtuvo a cambio también fue distinto a lo planificado.

Pero como Ud. es una persona perseverante, al año siguiente vuelve a planificar sus vacaciones presupuestando un determinado valor – el que por cierto, lleva incluido el ítem imprevistos-, resultando que obtuvo pasajes 2x1 y por ofrecerse de voluntario a tomar el vuelo siguiente, le regalaron pasajes ida y vuelta al mismo lugar, además la empresa de turismo aventura le regala sus tour por las molestias del año pasado.

Independiente de las causas que pueden haber desatado los acontecimientos, no importando que sea el primer o segundo caso del ejemplo, se pueden observar tres tipos de valores que se tienen en cualquier momento del desarrollo de un proyecto, y que según se observa no siempre coinciden, estos son:

- Un valor de costo presupuestado.
- Un valor de costo real.
- Un valor obtenido de acuerdo al costo presupuestado.

En el primer caso del ejemplo, el costo real fue superior al presupuestado y el valor de lo obtenido fue inferior a lo presupuestado. En el segundo caso, el valor de costo real fue inferior al presupuestado y lo obtenido fue mayor a lo presupuestado. Sin lugar a dudas el EVM, es la parte fundamental en la gestión de costos del proyecto.

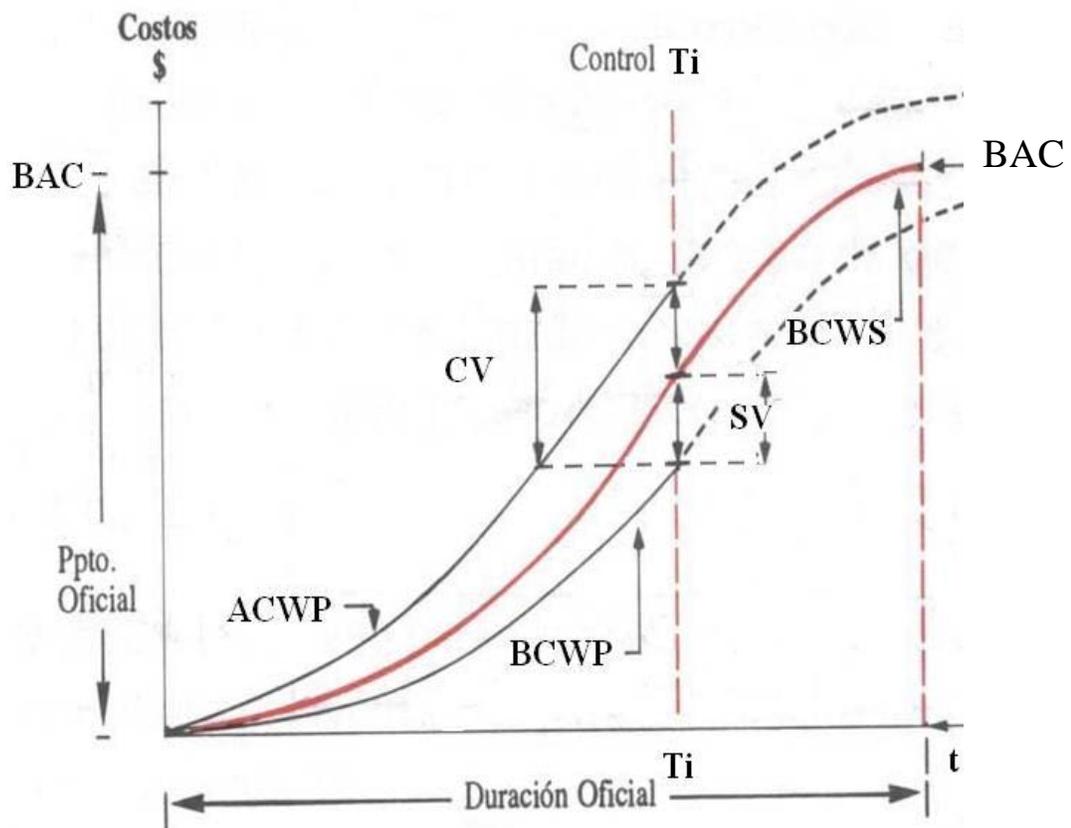
### **Componentes del Valor Ganado**

Un proyecto está compuesto de múltiples, tareas secuenciales o paralelas, a las que se les puede estimar un costo. Estos costos presupuestados acumulados en cada período conforman la línea base del presupuesto, llamada BCWS (Budgeted Cost of Work Scheduled).

No obstante, en la realidad el desarrollo de las tareas presupuestadas tienen un costo efectivo que puede ser distinto del presupuestado. La suma de estos costos reales en cada periodo conformarán la curva de costo real llamada ACWP (Actual Cost of Work Performed).

Adicionalmente, lo obtenido en cada periodo –determinado por el porcentaje de avance de cada actividad aplicado al costo presupuestado de ellas-, puede ser distinto a lo planificado, denominándose a la curva compuesta por la suma de lo obtenido en cada período BCWP (Budgeted Cost of Work Performed) o también llamado EV (Earned Value)=VALOR GANADO.

La Figura 4 muestra, de manera esquemática, el posible comportamiento de las curvas en un determinado proyecto, nótese que en cualquier instante  $T_i$  se obtienen valores para ACWP, BCWS y BCWP. Además, se indica el valor total presupuestado como BAC (Budget at Conclusion), que es igual al valor final al que llega la curva BCWS.



**Fig. 4**

El eje de la ordenada representa los costos acumulados y los valores CV (Cost Variation) y SV (Schedule Variation), son las variaciones en costo y la variación en cronograma, respectivamente.

## Indicadores

La técnica del valor ganado, en sus diversas formas, es un método de medición del rendimiento que integra medidas del alcance del proyecto, del coste (o recursos) y del cronograma para evaluar el rendimiento del proyecto

Los valores BCWS, BCWP y ACWP se usan en combinación para proporcionar medidas de rendimiento de si el trabajo se está llevando a cabo o no de acuerdo con lo planificado, en un momento determinado. Las medidas más comúnmente usadas son la variación del coste (CV) y la variación del cronograma (SV). La cantidad de variación de los valores CV y SV tiende a disminuir a medida que el proyecto se acerca a su conclusión, debido al efecto compensatorio que tiene la realización de mayor cantidad de trabajo. Los valores de variación predeterminados aceptables que disminuirán a lo largo del tiempo a medida que el proyecto avanza hacia su conclusión pueden establecerse en el plan de gestión de costes.

### Variación del Coste (CV)

La CV es igual al valor ganado (BCWP) menos el costo real (ACWP). La variación del coste al final del proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada. Ello queda en la siguiente expresión:

$$CV = BCWP - ACWP \quad (1)$$

### Variación del Cronograma (SV)

La SV es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (BCWS). La variación del cronograma finalmente será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán ganado todos los valores planificados.

$$SV = BCWP - BCWS \quad (2)$$

Tanto este valor como el anterior, pueden convertirse en indicadores de eficiencia que reflejan el rendimiento del cronograma y del coste de cualquier proyecto.

### **Índice de Rendimiento del Coste (CPI= Cost Performance Index)**

El CPI es igual a la razón entre BCWP y ACWP en un determinado periodo. El CPI es el indicador de eficiencia de costes más comúnmente usado.

$$\text{CPI} = \text{BCWP} / \text{ACWP} \quad (3)$$

Se debe considerar que:

Si  $\text{CPI} < 1.0$  indica un sobrecosto con respecto a las estimaciones.

Si  $\text{CPI} > 1.0$  indica un costo inferior con respecto a las estimaciones.

### **Índice de rendimiento en costos al término TCPI**

Este indicador determina el nivel de eficiencia que se debe alcanzar para llegar al valor presupestado BAC.

$$\text{TCPI} = \frac{\text{BAC} - \text{BCWP}}{\text{BAC} - \text{ACWP}} \quad (4)$$

### **CPI Acumulativo (CPI<sup>C</sup>)**

El CPI acumulativo es ampliamente utilizado para predecir los costes del proyecto a la conclusión. El CPI<sup>C</sup> es igual a la suma de los valores ganados en cada periodo (BCWP<sup>C</sup>) dividida por la suma de los costos reales individuales (ACWP<sup>C</sup>).

$$\text{CPI}^{\text{C}} = \text{BCWP}^{\text{C}} / \text{ACWP}^{\text{C}} \quad (5)$$

### **Índice de Rendimiento del Cronograma (SPI)**

El SPI es igual a la razón entre el BCWP y el BCWS. Este indicador se utiliza para conocer el estado del cronograma, y a veces se utiliza en combinación con el CPI para predecir las estimaciones de conclusión del proyecto.

$$\text{SPI} = \text{BCWP} / \text{BCWS} \quad (6)$$

## Proyecciones

Éstas consisten en las estimaciones o predicciones que se realizan en función de información conocida en un determinado momento de desarrollo del proyecto. A medida que el proyecto se ejecuta y avanza, estas proyecciones se van actualizando en un ciclo iterativo para ajustarlas a la realidad del momento.

Realizar proyecciones es una de las habilidades más importantes que se debe desarrollar en la gerencia de proyectos que involucra interpretar con precisión y en todo momento: donde se encuentra y que se espera en el futuro para adoptar las decisiones adecuadas a cada situación.

Las predicciones que se ocupan son: la estimación a la conclusión y la estimación hasta la conclusión.

Los parámetros de la técnica del valor ganado del BAC, el coste real ( $ACWP^C$ ) hasta la fecha y el indicador de eficiencia  $CPI^C$  acumulativo, se usan para calcular la ETC (Estimate to Completion) y la EAC (Estimate at Completion), donde el BAC es igual al BCWS total a la conclusión para una actividad del cronograma, paquete de trabajo, cuenta de control u otro componente de la Estructura de Tareas.

$$BAC = BCWS \text{ acumulativo total a la conclusión}$$

El EAC es el costo total o la cantidad de trabajo total necesario para completar las actividades del cronograma. En cambio el ETC es la estimación para concluir el trabajo restante correspondiente a una actividad del cronograma, paquete de trabajo o cuenta de control.

### 2.3.1 ETC basada en variaciones atípicas

La ETC es igual al BAC menos el valor ganado acumulativo hasta la fecha ( $BCWP^C$ ). Este enfoque se utiliza más cuando las variaciones actuales se consideran atípicas, y las expectativas del equipo de dirección del proyecto son que no se producirán variaciones similares en el futuro.

$$ETC = BAC - BCWP^C \quad (7)$$

### 2.3.2 ETC basada en variaciones típicas

Cuando las variaciones actuales se consideran como típicas, es de esperar que se repitan en el futuro. Este enfoque se utiliza más frecuentemente, donde la ETC es igual al BAC menos el BCWP<sup>C</sup> acumulativo, dividido por el índice de rendimiento del coste acumulativo (CPI<sup>C</sup>).

$$ETC = (BAC - BCWP^C) / CPI^C \quad (8)$$

### 2.3.3 EAC usando el presupuesto restante

La EAC es igual a la ACWP<sup>C</sup> más el presupuesto necesario para completar el trabajo restante, que es el presupuesto hasta la conclusión (BAC) menos el valor ganado (BCWP). Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran atípicas, y las expectativas del equipo de dirección del proyecto son que no se producirán variaciones similares en el futuro.

$$EAC = ACWP^C + BAC - BCWP \quad (9)$$

### 2.3.4 EAC usando el CPI<sup>C</sup>

La EAC es igual a los costes reales hasta la fecha (ACWP<sup>C</sup>) más el presupuesto necesario para completar el trabajo restante del proyecto, que es el BAC menos el EV, modificado por un factor de rendimiento (a menudo el CPI<sup>C</sup>). Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran típicas de las variaciones futuras.

$$EAC = ACWP^C + ((BAC - BCWP) / CPI^C) \quad (10)$$

Cada uno de estos enfoques puede ser el correcto para cualquier proyecto dado, y le proporcionarán al equipo de administración del proyecto una señal si las proyecciones para la EAC no están dentro de las tolerancias aceptables.

### 3. GESTIÓN DE TIEMPOS DE UN PROYECTO

La gestión de tiempos del proyecto incluye los procesos necesarios para lograr la conclusión del proyecto a tiempo. Ésta incluye los siguientes procesos:

- **Definición de las Actividades**  
Identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.
- **Establecimiento de la Secuencia de las Actividades**  
Identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma.
- **Estimación de Recursos de las Actividades**  
Estima el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad del cronograma.
- **Estimación de la Duración de las Actividades**  
Estima la cantidad de períodos laborables que serán necesarios para completar cada actividad del cronograma.
- **Desarrollo del Cronograma**  
Analiza las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.
- **Control del Cronograma**  
Controla los cambios del cronograma del proyecto.

Como es de esperar, estos procesos no son necesariamente discretos e interactúan entre sí y con los demás procesos de las áreas del conocimiento.

En los proyectos de menor alcance, el establecimiento de la secuencia, recursos y duración de las actividades, así como el desarrollo del cronograma, están tan estrechamente vinculados que pueden ser hechos por una sola persona en un período relativamente corto.

Obviamente, los insumos como el mismo trabajo de estos procesos están precedidos por un esfuerzo de planificación por parte del equipo de administración del proyecto, en donde se establece en el plan de gestión del proyecto un plan de gestión del cronograma que determina el formato y establece los criterios para desarrollar y controlar el cronograma del proyecto.

El plan de gestión del cronograma puede ser formal o informal, muy detallado o ampliamente esbozado, dependiendo de las necesidades del proyecto.

Dado que no está dentro del alcance de este trabajo analizar cada uno de estos procesos, solamente se presentará, a modo ilustrativo, algunas partes fundamentales del desarrollo del cronograma.

### **Desarrollo del Cronograma**

El enunciado del alcance del proyecto y el plan de gestión del proyecto, además de la lista de actividades y la estimación de duración de ellas, son los insumos básicos para el desarrollo del cronograma del proyecto. Este es un proceso iterativo que determina las fechas de inicio y finalización planificadas para las actividades del proyecto. Este proceso exige que se revisen y se corrijan las estimaciones de duración y las estimaciones de los recursos para crear un cronograma del proyecto aprobado que pueda servir como línea base con respecto a la cual poder medir el avance. Como se puede intuir, este es un proceso dinámico y sostenido en el tiempo ya que en la medida que el trabajo avanza el plan de gestión del proyecto puede cambiar, en donde los eventos anticipados ocurren o desaparecen al tiempo que se identifican nuevos eventos.

## **Cronograma del Proyecto**

El cronograma es el resultado de la etapa anterior, que como se indicó, contiene a lo menos, una fecha de inicio planificada y una fecha de finalización planificada para cada actividad del cronograma. En algunas ocasiones éste tiene el carácter de preliminar hasta que las asignaciones de recursos hayan sido confirmadas, situación que no debe ser más tarde que la fecha de entrega del plan de gestión del proyecto.

No es extraño, que en algunos proyectos, la variable tiempo esté predefinida, o algunos hitos del proyecto tengan fecha establecida de entrega. En esos casos, se debe partir de la fecha predeterminada hacia atrás, administrando variables como recursos humanos y materiales para ajustarse a los requerimientos estipulados.

Respecto de la presentación del cronograma, éste se puede informar mediante tablas, aunque lo más corriente es que sea en forma gráfica; de éstos últimos los más usados son: El diagrama de red, el diagrama de barras y el diagrama de hitos

### **3.2.1 Datos del Modelo de Cronograma**

Independientemente del tipo de modelo del programa, se deben incluir los datos de soporte para el cronograma del proyecto, los que al menos incluirán, los hitos del cronograma, las actividades del cronograma, los atributos de la actividad y la documentación de todas las suposiciones y restricciones identificadas. A pesar de que depende del área de aplicación el nivel y cantidad de datos entregados, al menos se debe considerar: los requisitos de recursos por períodos, a menudo en el formato de histograma de recursos; los cronogramas alternativos, tales como el mejor o el peor escenario, sin nivelación de recursos, con nivelación de recursos, con o sin fechas impuestas; y por último, las reservas para contingencias del cronograma.

### **3.2.2 Línea Base del Cronograma**

En realidad, la línea base del cronograma es una traslación del cronograma que se desarrolla a partir del análisis del mismo cronograma. El equipo de administración del proyecto la acepta y la aprueba como la línea base del cronograma con fechas de inicio de línea base y fechas de finalización de línea base.

## Tiempo Restante De Un Proyecto En Ejecución

Con los datos de los productos entregados en los puntos anteriores, se puede controlar el avance del proyecto, y al igual que en el caso de los costos, por lo general, los cronogramas no se ajustan exactamente a lo que sucede en la realidad. Por ello, nace la importancia de un monitoreo permanente al cumplimiento del cronograma y cuando éste acusa desviaciones, nace la gran interrogante respecto al tiempo que transcurrirá entre ese instante y el término del proyecto.

El desvío de un proyecto del cronograma es muy importante, ya que ello puede significar costos adicionales e incluso la cancelación del proyecto. Conocer con cierta certeza el tiempo que demorará en terminar el proyecto se hace indispensable para analizar el escenario y aplicar los planes de contingencia, adoptando las medidas necesarias para anular o mitigar los efectos nocivos de esta desviación.

En la literatura especializada e investigaciones recientes, no se ha observado una preocupación sobre este tema, excepto algunos trabajos del Ph. D. David Christensen, en los que utiliza el SPI -fórmula (6) – para determinar el EAC –fórmula (9) o (10) – junto con el CPI, ya sea multiplicándolos o sumándolos con la regla del 80-20 de Pareto, y así obtener un factor aplicable al BCWS.

Pero al igual que lo que sucede con los costos, se considera posible el diseño de un estimador que entregue un tiempo calculado de la duración entre el instante de medición y el término del proyecto. Ello se trata en el siguiente acápite.

## 4. PRESENTACIÓN DEL ESTIMADOR DE TIEMPO DE TÉRMINO DE PROYECTOS EN EJECUCIÓN

**R**especto de los costos se puede calcular o proyectar cuánto de este falta para completar el proyecto mediante ETC –fórmula (7) ó (8)-, y con ello calcular el costo final de un proyecto EAC y por ende su desviación en función de lo presupuestado BAC. El mismo concepto pero

aplicado a los tiempos de desarrollo, podría determinar cuánto falta para terminar el proyecto y, por tanto, cuánto será su desviación final.

El estimador que se presenta a continuación ha sido entregado por el profesor Willat.<sup>8</sup> De acuerdo a lo anterior, se define lo siguiente:

**ETFD**= Tiempo estimado que falta para terminar el proyecto, a partir de  $T_i$

**EFD**= Tiempo total estimado del proyecto, en un instante  $T_i$

$$\mathbf{EFD = CD + ETFD} \quad (11)$$

$$\mathbf{ETFD = (SFD - CD + TEV) / SPI} \quad (12)$$

**Donde:**

**CD** = Current Date = Fecha Actual

**SFD** = Fecha Programada de Término

**TEV** =  $CD - EVD$  = Variación Tiempo de Ejecución ( Retraso o Adelanto)

**EVD** = Earned Value Date = Fecha que según BCWS se obtiene el BCWP

**EVD** =  $(BCWP / BR) + TF$

**Para ello se define:**

**BR** =  $(BCWS_{i+1} - BCWS_i) / (P_{i+1} - P_i)$  = Burn rate = Tasa de quemado del costo programado.

**TF** =  $P_{i+1} - (BCWS_{i+1} / BR)$

**$P_i$**  = Período  $i$  del proyecto para el cual se tiene el mayor valor de  $BCWS_i$  tal que  $BCWS_i \leq BCWP$

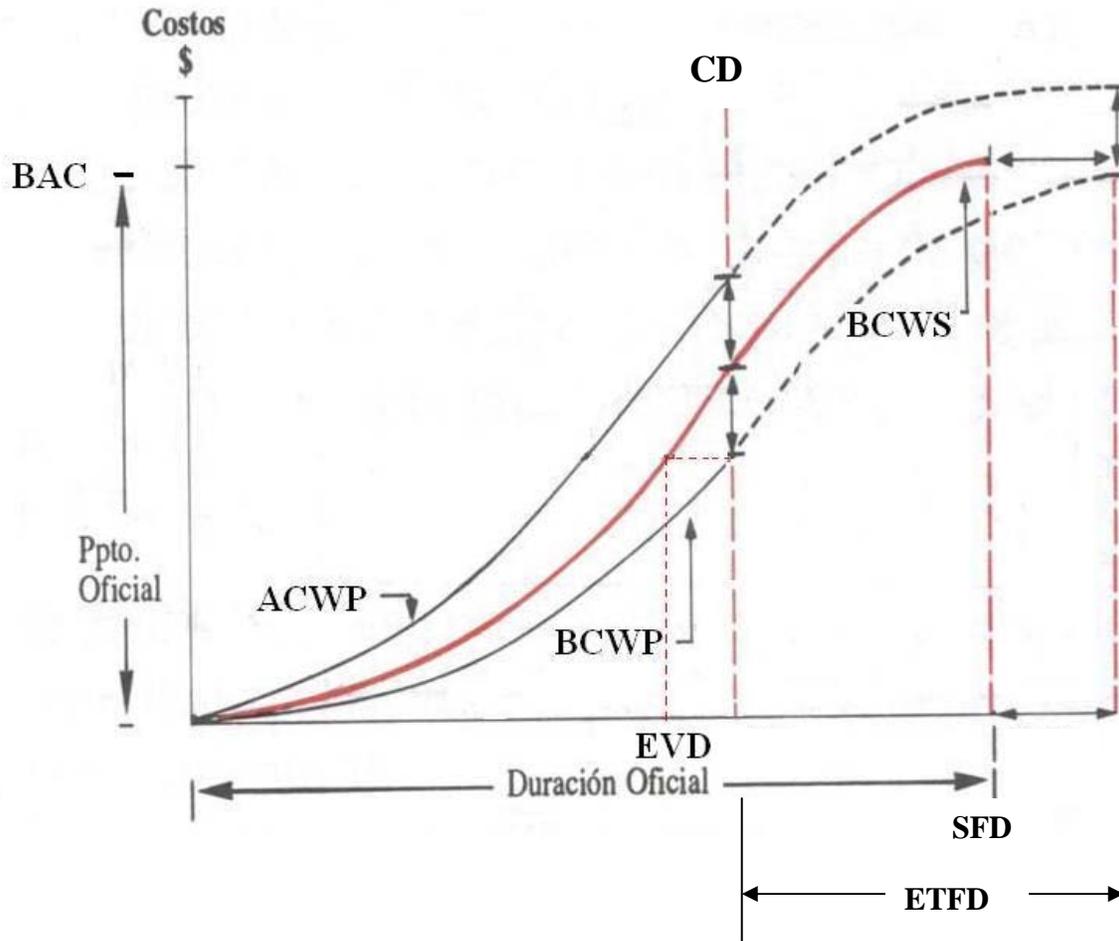
**$BCWS_i$**  = costo acumulado programado en el período  $i$

Por inferencia directa, el atraso o adelanto estimado al término del proyecto viene dado por VFD:

$$\mathbf{VFD = SFD - EFD} \quad (13)$$

El valor será negativo si estima un atraso y positivo si se estima un adelanto de término

<sup>8</sup> El profesor Christian Willatt, ha dirigido este trabajo y es Director del Centro de Emprendimiento de la Universidad de Chile.



**Fig. 5**  
**Obtención del tiempo estimado para terminar el proyecto ETFD a partir de la fecha actual CD**

De acuerdo al gráfico, -Figura 5- la fecha de control es CD, si no hubiese desviación en el cronograma se puede decir que lo que falta para terminar el proyecto viene dado por SFD – CD, pero como existe una desviación, en este caso un atraso que es igual a:

$$\text{TEV} = \text{CD} - \text{EVD} \quad (14)$$

Entonces, el tiempo que faltaría para terminar serían los segmentos de tiempo desde la fecha actual hasta el término programado y a ello se le debiera agregar el tiempo de retraso TEV. Sin embargo, y suponiendo que las variaciones del cronograma son típicas, debiera aplicar a este tiempo restante el SPI - factor de rendimiento del cronograma – de la fórmula (6). Luego, como CD y SFD son datos conocidos, sólo quedaría calcular EVD, que es igual al momento en que el costo del trabajo programado iguala al Valor ganado BCWP. Hasta aquí, todo se ve claramente en el gráfico.

Entonces,  $ETFD = (SFD - CD + TEV) / SPI$

Al reemplazar (12) en ésta última expresión, queda:

$$ETFD = (SFD - EVD) / SPI$$

La obtención de EVD, se visualiza trivial para el que tiene algún dominio matemático en el manejo de curvas. En efecto, se tiene el mismo valor de costo para dos funciones distintas que registran tiempos distintos, como uno es conocido CD y el otro no, se lleva una curva a la otra a través de la tasa de quemado de BCWS, que no es otra cosa que la pendiente de esa curva, a ello se le debe agregar el factor tiempo que es igual al periodo siguiente menos el valor de tiempo resultante que proviene de dividir el costo programado de ese periodo por la tasa de quemado. Por cierto, para poder aplicar esto se debe considerar linealidad de los costos entre los periodos del proyecto.

Donde:  $BR = (BCWS_{i+1} - BCWS_i) / (P_{i+1} - P_i)$  y

$$TF = P_{i+1} - (BCWS_{i+1} / BR)$$

Entonces se tiene que:

$$EVD = (BCWP / BR) + TF$$

## 5. SISTEMA DE CONTROL BASADO EN EV

**E**l sistema de control en base a la metodología del valor ganado consiste en realizar las intervenciones adecuadas, a partir de los valores obtenidos en los indicadores, para corregir los procedimientos, procesos y

conductas en orden a obtener las salidas con la menor brecha entre lo presupuestado y la ejecución real del proyecto.

La figura 6, muestra que con los insumos de: el alcance, el presupuesto de costos y el cronograma de trabajo, se procede a la ejecución de un proyecto. Estos procesos pasan a una etapa de control, donde se miden registran, analizan y se emiten reportes al respecto. Por su parte el proceso de análisis, dispondrá de las acciones correctivas para influenciar los procesos necesarios a fin de obtener las salidas requeridas, llegando incluso a la revisión y modificación del plan de gestión del proyecto si es necesario.

Tal como se estableció en el Capítulo I, el proceso de seguimiento y control se aplica en prácticamente todo el proyecto. Sin embargo, considerando el alcance de este trabajo, el sistema de control se orientará a la gestión de costos y la gestión del cronograma. Ello cubre parte importante de las áreas de gestión de un proyecto.

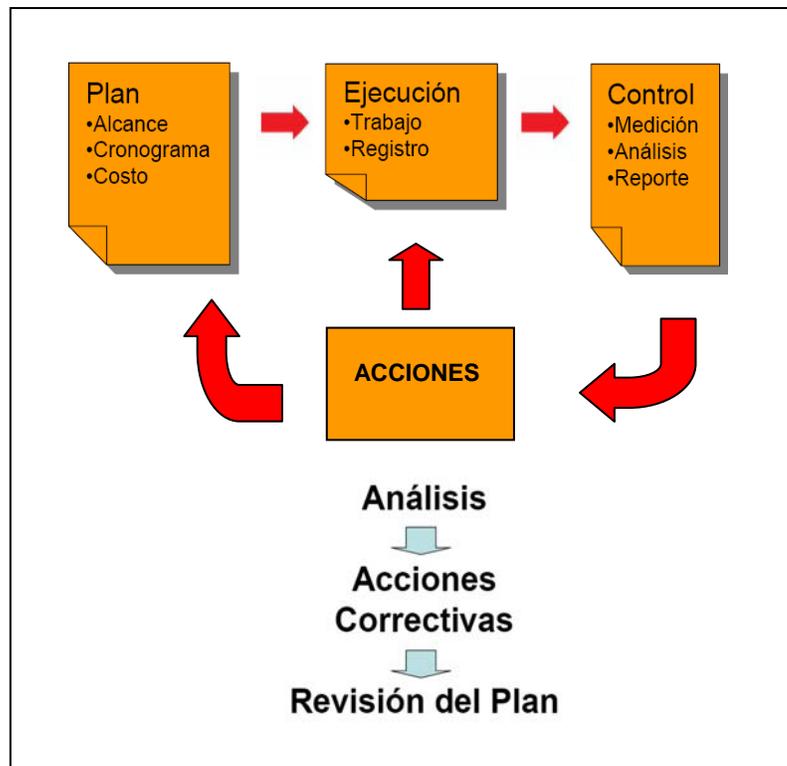


Fig. 6

## 5.1 Áreas De Medición Del Sistema De Control

El sistema que expone las variables a controlar en la Figura 7, muestra esquemáticamente los indicadores que se ha determinado aplicar a los proyectos en ejecución. Este sistema abarca directamente a los dos procesos más importantes (Gestión de Costos y Gestión de Tiempos), en el desarrollo de los proyectos y en forma indirecta, también se reflejan los demás procesos en estos indicadores. Por ejemplo, un cambio, autorizado o no, en el alcance, puede determinar diferencias en los indicadores de costo o en las variaciones del cronograma.

La alimentación de datos para obtener estos indicadores se puede hacer mediante el enlace a un tablero de comando realizado en Excel®, u otro similar, al que se le pueden acoplar los datos en forma manual o automática.

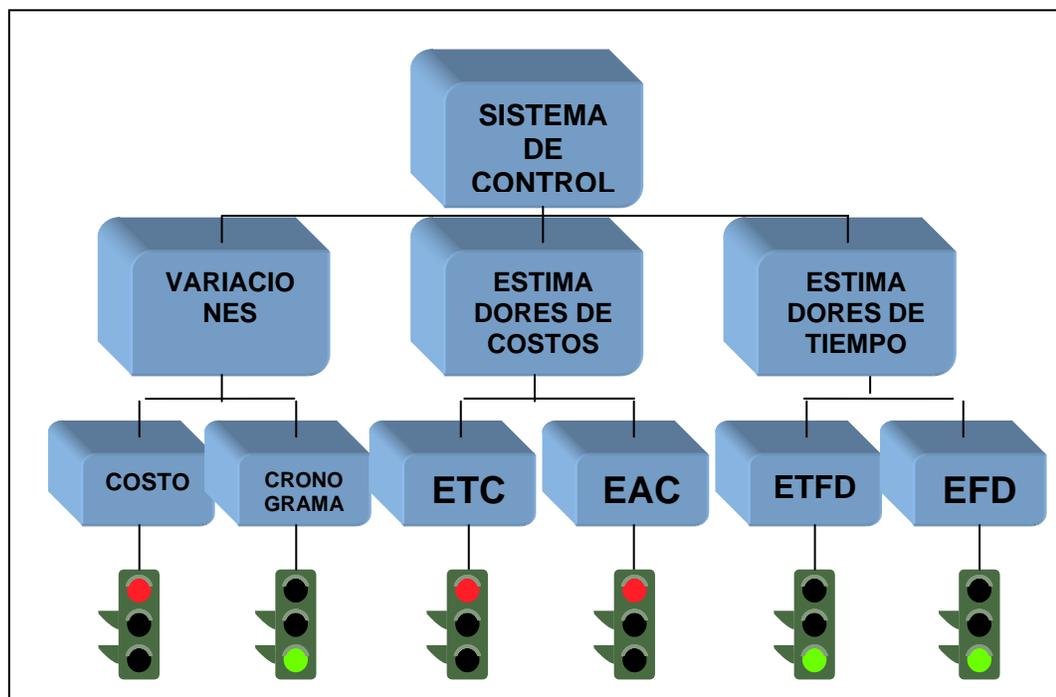


Fig. 7

Si bien es cierto que el indicador ETC está contenido en EAC, así como ETFD lo está en EFD; se presentan separados porque al significar conceptos distintos, entregan información para interpretación directa del evaluador.

La cantidad de indicadores se pueden desglosar de acuerdo a las necesidades de cada administrador. Por ejemplo, en el área de Gestión de Tiempos, se podría obtener directamente el tiempo de retraso o adelanto del proyecto (TEV, fórmula 14) o el índice de rendimiento del cronograma (SPI, fórmula 6), los que también forman parte de EFD. Igualmente se podría incluir el indicador de rendimiento para llegar al término según lo presupuestado TCPI (fórmula 4). En este caso los indicadores de esta área quedarían como se ilustra en la Figura 8.

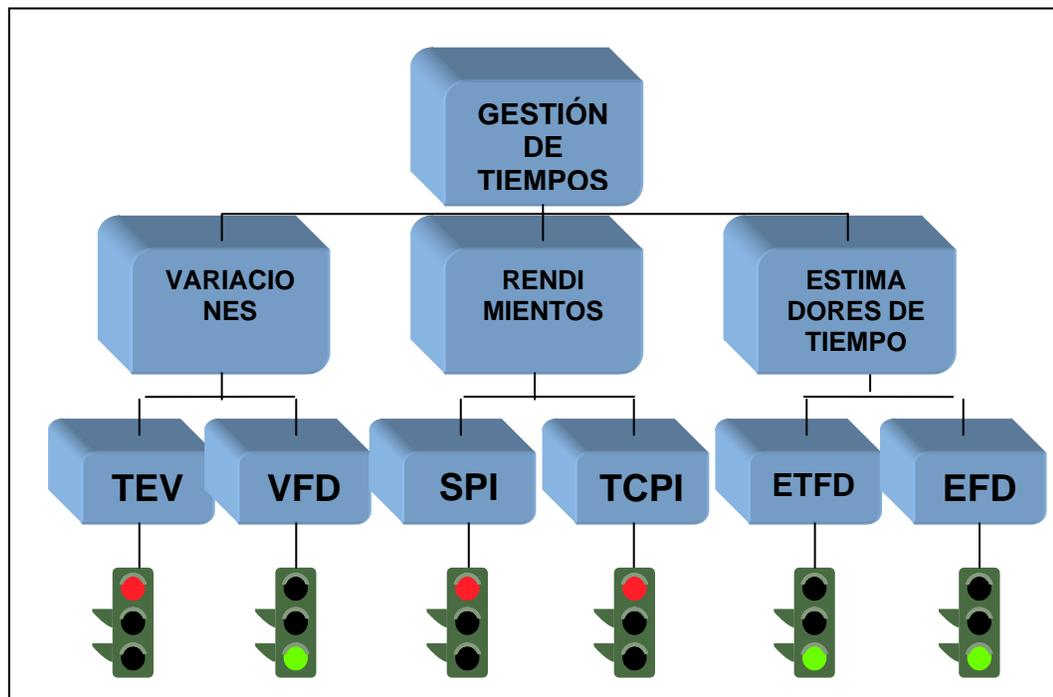


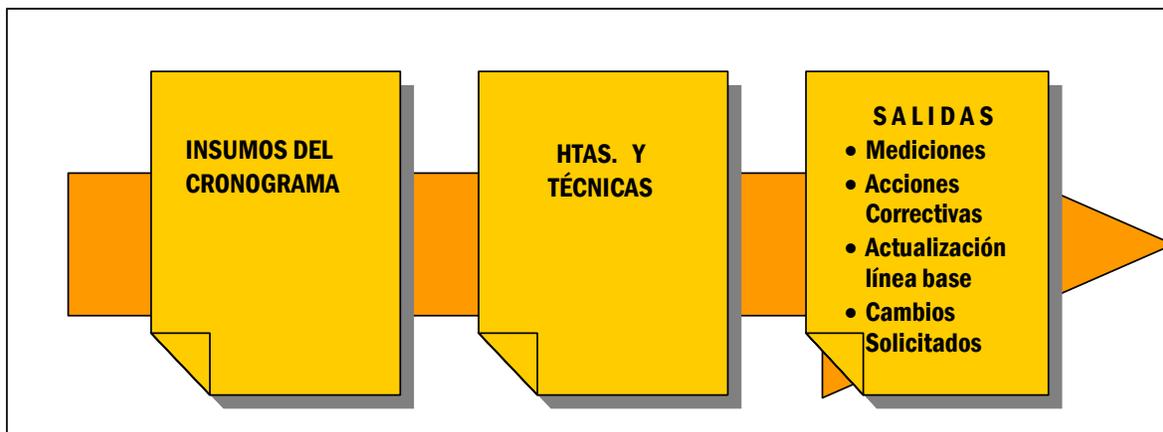
Fig. 8

## 5.2 ELEMENTOS DE CONTROL

En este acápite se presentarán algunas salidas relevantes en el control de cronograma y en el control de costos que son dos de las áreas más importantes en que tiene aplicación la técnica del Valor Ganado.

### 5.2.1 Control De Cronograma

A continuación se exponen algunos elementos que se obtienen como salida en el proceso de control los que además de las mediciones vienen a complementar este proceso de seguimiento y control.



**Fig.9 SALIDAS DEL CONTROL DE CRONOGRAMA**

#### 5.2.1.1 Mediciones Del Rendimiento

Los valores calculados de la variación del cronograma (SV) y del índice de rendimiento del cronograma (SPI) para los componentes de la EDT, especialmente los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se vaciarán al sistema de control, se documentan y se comunican a los interesados.

#### 5.2.1.2 Acciones Correctivas Recomendadas

Estas acciones se determinan para alinear el rendimiento futuro esperado del cronograma del proyecto con la línea base del cronograma del proyecto aprobada. Las acciones correctivas en el área de gestión del tiempo a menudo implican aceleraciones, que incluyen acciones especiales que se toman para asegurar la finalización de una actividad del

cronograma a tiempo o con el menor retraso posible. La acción correctiva a menudo requiere un análisis causal para identificar la causa de la variación. El análisis puede contemplar actividades del cronograma distintas de la actividad del cronograma que realmente produce la desviación. Por lo tanto, se puede planificar y ejecutar la recuperación del cronograma a partir de la variación, usando actividades del cronograma delineadas con posterioridad en el cronograma del proyecto.

#### **5.2.1.3 Actualización De Línea Base Del Cronograma**

Las revisiones pueden generar cambios en el alcance del proyecto o cambios en las estimaciones. Sólo puede desarrollarse una línea base del cronograma revisada como resultado de cambios aprobados. La línea base del cronograma y el modelo de cronograma originales se guardan antes de crear la nueva línea base del cronograma, para evitar la pérdida de datos históricos del cronograma del proyecto.

#### **5.2.1.4 Cambios Solicitados**

El análisis de la variación del cronograma, junto con la revisión de los informes de avance, los resultados de las mediciones del rendimiento y las modificaciones al modelo de cronograma del proyecto, pueden dar como resultado cambios solicitados en la línea base del cronograma del proyecto. Los cambios en el cronograma del proyecto pueden requerir o no, de ajustes en los otros componentes del plan de gestión del proyecto. Los cambios solicitados se procesan para su revisión y disposición a través del proceso Control Integrado de Cambios.

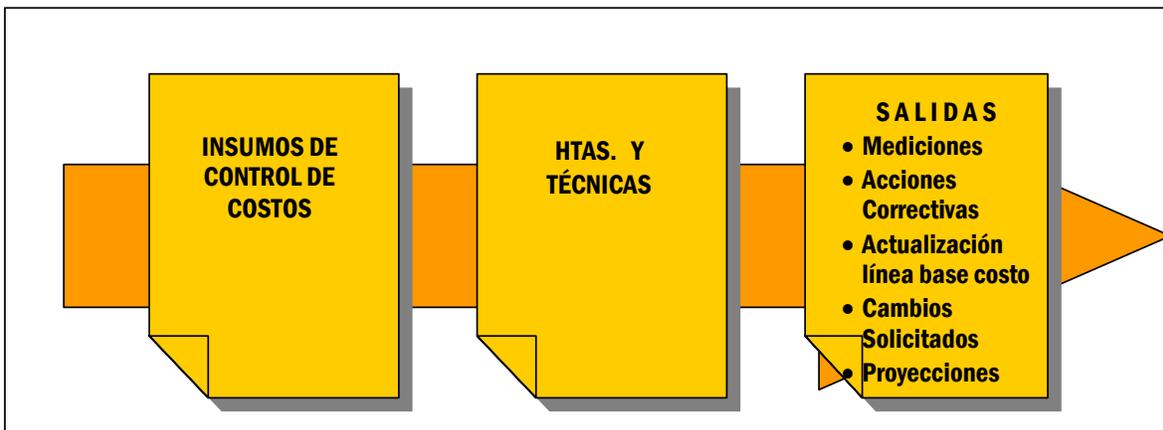
#### **5.2.2 Control De Costos**

El control de costos del proyecto busca las causas de las variaciones positivas y negativas. Por ejemplo, una respuesta inapropiada a variaciones del costo puede ocasionar problemas de calidad o de cronograma, o producir un nivel de riesgo inaceptable en una etapa posterior del proyecto.

El control de costes del proyecto incluye:

- Influir sobre los factores que producen cambios en la línea base de costo.
- Informar al sistema de control las mediciones sobre el rendimiento y sus proyecciones.

- Asegurarse de que los cambios solicitados sean acordados.
- Gestionar los cambios reales cuando y a medida que se produzcan.
- Asegurar que los posibles sobrecostos no excedan la financiación autorizada periódica y total para el proyecto.
- Realizar el seguimiento del rendimiento del costo para detectar y entender las variaciones con respecto a la línea base de costo.
- Registrar todos los cambios pertinentes con precisión en la línea base de costo.
- Evitar que se incluyan cambios incorrectos, inadecuados o no aprobados en el costo o en el uso de recursos informados.
- Informar los cambios aprobados a los interesados pertinentes.
- Actuar para mantener los sobrecostos esperados dentro de límites aceptables.



**Fig.10 SALIDAS DEL CONTROL DE COSTOS**

#### **5.2.2.1 Mediciones del Rendimiento**

Los valores de CV, SV, CPI y SPI calculados para los componentes de la EDT, en especial los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se envían al sistema de control propuesto anteriormente. También se documentan y comunican a los interesados.

#### **5.2.2.2 Acciones Correctivas Recomendadas**

Una acción correctiva en el área de gestión de costes con frecuencia implica ajustar los presupuestos para la actividad del cronograma, como por ejemplo, llevar a cabo acciones especiales para equilibrar las variaciones del coste.

#### **5.2.2.3 Actualización de la Línea Base de Costo**

En general, estos valores se revisan sólo en respuesta a los cambios aprobados en el alcance del proyecto. Sin embargo, en algunos casos, las variaciones del costo pueden ser tan grandes que se necesita una línea base de coste revisada que suministre una base realista para la medición del rendimiento.

#### **5.2.2.4 Conclusión Proyectada**

Se documenta bien un valor de EAC calculado o bien un valor de EAC y/o ETC, proporcionado por la organización ejecutante, y se ingresan estos valores al sistema de control que comunica este valor a los interesados.

#### **5.2.2.5 Cambios Solicitados**

El análisis del rendimiento del proyecto puede generar una solicitud de cambio en algún aspecto del proyecto. Los cambios identificados pueden requerir un aumento o una disminución del presupuesto.

\*\*\*\*\*    \*\*\*\*\*    \*\*\*\*\*

### III. SISTEMA DE CONTROL APLICADO A TRES PROYECTOS

**E**l sistema de control propuesto en el capítulo anterior, se aplicará en tres proyectos reales a partir de los datos recopilados en las mismas empresas participantes.

Para que se entienda en su máxima expresión la metodología de cálculo que involucra la aplicación de este sistema, el primer proyecto ha sufrido algunas pequeñas modificaciones con el objeto de entregar una visión del proceso completo de obtención de cifras y además, presentar en forma esquematizada la forma de llevar a cabo esta actividad.<sup>23</sup>

En los dos proyectos siguientes, a pesar de que se obtienen los resultados de la aplicación de este modelo, se ha omitido repetir todo el procedimiento en la obtención de datos. No obstante, los valores corresponden exactamente a mediciones sin ningún tipo de modificación.

Cabe destacar que, debido al - casi exagerado - recelo en entregar información fidedigna por parte de las empresas participantes en el desarrollo de estos proyectos, el traspaso de datos quedó supeditada al compromiso de parte del autor a mantener estricta confiabilidad respecto de aquéllas.

#### 1. PROYECTO N° 1 (P1): INSTALACIÓN DE CALDERA DE CICLO COMBINADO.

**L**a empresa en la que se instaló la caldera, es líder en su rubro, con presencia en Chile (primero en su rubro) y Argentina (tercer lugar), tiene una utilidad operacional que sobrepasa los cien mil millones de pesos.

Comercializa productos de alto reconocimiento y prestigio, manteniendo un alto nivel de fidelidad de sus consumidores. También posee una adecuada diversificación de productos y mercados.

La empresa cuenta un canal propio de distribución a lo largo de todo Chile.

---

<sup>23</sup> Se realizó una aproximación de las cifras a las decena de mil para contar con cuadros más “limpios”, se omitió un proceso y otros pasaron a formar parte de otros más generales, además en el período de control el Ing. a cargo del proyecto realizó dos estimaciones fundadas en sus conocimientos técnicos.

En la actualidad mantiene alianzas estratégicas con líderes mundiales, aprovechando convenientemente las ventajas competitivas con que cuentan sus socios. En estos últimos años ha llevado a cabo un proceso de modernización en sus cinco plantas de producción a lo largo del país, tras el cual obtuvo como resultado un aumento importante en ahorros y la base para implementar un sistema de planificación de producción único en su tipo. En este caso, los datos fueron aportados por la empresa que realizó la instalación.

El proyecto de montaje de la caldera de ciclo combinado viene en cerrar el ciclo de inversiones para el año 2007, para el que se tiene considerada una inversión de US\$520.000.- en 12 semanas de duración.

El presupuesto por grupo de tareas es el que se muestra en la Tabla 2

| Nº           | ACTIVIDAD                            | PPTO US\$      |
|--------------|--------------------------------------|----------------|
| 1            | Montaje Caldera Base                 | 80.000         |
| 2            | M Chimenea y Pasillos en Caldera     | 100.000        |
| 3            | M Quemador Producto Incluido         | 50.000         |
| 4            | M Manifold de Vapor                  | 90.000         |
| 5            | M y Suministro Estanques Condensados | 20.000         |
| 6            | M Bombas de Transf. Y Tablero ELA    | 20.000         |
| 7            | M Desgasificador Antiguo y Nuevo     | 50.000         |
| 8            | M Equipo Ablandador y Bombas         | 30.000         |
| 9            | M Bombas Químicos                    | 40.000         |
| 10           | M Bombas Diesel y Estanques          | 20.000         |
| 11           | Prueba y Cierre                      | 20.000         |
| <b>TOTAL</b> |                                      | <b>520.000</b> |

**TABLA 2**  
**PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES**

En la Tabla 3 se muestra un detalle del porcentaje de avance de tareas programado por semana.

| Actv / Semana | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | 7ma | 8va | 9na | 10ma | 11ma | 12ma |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1             | 25% | 25% | 25% | 25% |     |     |     |     |     |      |      |      |
| 2             |     | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |     |     |     |      |      |      |
| 3             |     |     | 50% | 50% |     |     |     |     |     |      |      |      |
| 4             |     |     |     | 25% | 25% | 25% | 25% |     |     |      |      |      |
| 5             |     |     |     |     | 50% |     |     |     |     | 50%  |      |      |
| 6             |     |     |     |     | 50% | 50% |     |     |     |      |      |      |
| 7             |     |     |     |     |     | 30% | 50% | 20% |     |      |      |      |
| 8             |     |     |     |     |     |     | 30% | 50% | 20% |      |      |      |
| 9             |     |     |     |     |     |     | 20% | 20% | 20% | 20%  | 20%  |      |
| 10            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | 50%  | 50%  |
| 11            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | 50%  | 50%  |

**TABLA 3**  
**PORCENTAJES DE AVANCE PROGRAMADO**

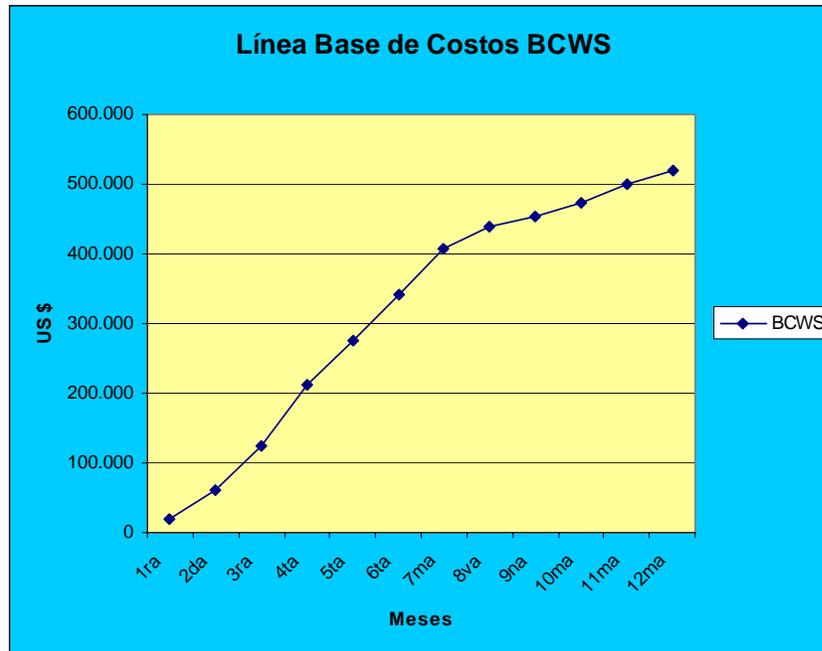
El avance programado forma parte de plan de gestión del proyecto, específicamente el plan de gestión de tiempo. La estimación de duración de las actividades requiere –además del necesario conocimiento técnico-, de un nivel adecuado de experiencia en estas tareas. Se debe recordar que un error en estas etapas puede incidir enormemente en las que vienen a continuación.

Por su parte la tabla siguiente, da origen a la estructura de costos a través del tiempo. En este caso se ha supuesto que existe correlación entre el porcentaje de avance físico y el nivel de costo asociado a dicho avance, que es la llamada línea base de costos.

| Act.      | PPTO    | 1ra    | 2da    | 3ra    | 4ta    | 5ta    | 6ta    | 7ma    | 8va    | 9na    | 10ma   | 11ma   | 12ma   |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 80.000  | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2         | 100.000 |        | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |        |        |        |        |        |        |
| 3         | 50.000  |        |        | 25.000 | 25.000 |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 4         | 90.000  |        |        |        | 22.500 | 22.500 | 22.500 | 22.500 |        |        |        |        |        |
| 5         | 20.000  |        |        |        |        | 10.000 |        |        |        |        | 10.000 |        |        |
| 6         | 20.000  |        |        |        |        | 10.000 | 10.000 |        |        |        |        |        |        |
| 7         | 50.000  |        |        |        |        |        | 15.000 | 25.000 | 10.000 |        |        |        |        |
| 8         | 30.000  |        |        |        |        |        |        | 9.000  | 15.000 | 6.000  |        |        |        |
| 9         | 40.000  |        |        |        |        |        |        | 8.000  | 8.000  | 8.000  | 8.000  | 8.000  |        |
| 10        | 20.000  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 10.000 | 10.000 |
| 11        | 20.000  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 10.000 | 10.000 |
| Periodo   |         | 20000  | 40000  | 65000  | 87500  | 62500  | 67500  | 64500  | 33000  | 14000  | 18000  | 28000  | 20000  |
| Acumulado |         | 20000  | 60000  | 125000 | 212500 | 275000 | 342500 | 407000 | 440000 | 454000 | 472000 | 500000 | 520000 |

**TABLA 4**  
**DETALLE DE COSTO PROGRAMADO**

Con el detalle de los costos acumulados presupuestados ( BCWS ) de la Tabla 4, se obtiene la línea base de costos que se representa en el gráfico de la Figura 9.



**Fig. 9**  
**Línea Base Costos**

Estos datos se refieren a lo presupuestado, aquellos datos con que debe contar con antelación el equipo de gestión del proyecto.

Las realidades de cada empresa son distintas, pero para poder aplicar cualquier sistema de control es necesario contar con información de la línea base de costos para poder comparar posteriormente y contrastar el avance en costo con ella.

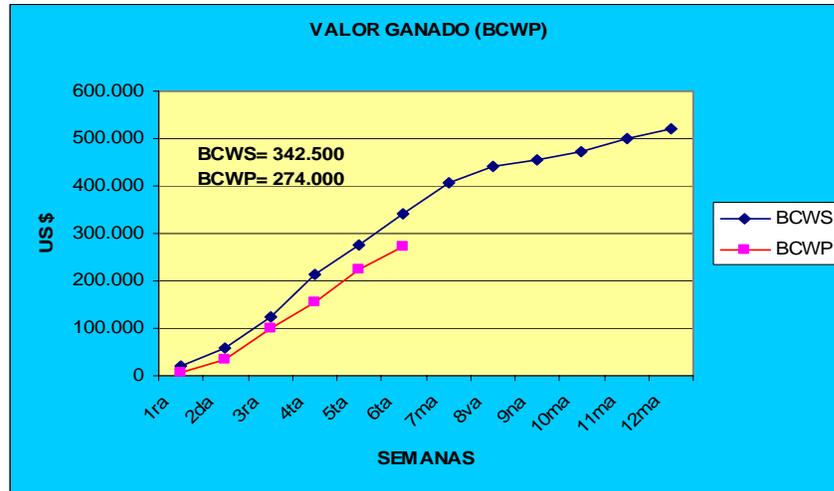
En este caso, durante el desarrollo del proyecto, se realizó un procedimiento de control en la sexta semana, midiéndose los niveles de progreso físico por etapas a objeto de calcular el Valor Ganado. Se obtuvo los siguientes resultados:

| <b>MEDICIÓN PROGRESO FÍSICO (ACUM)</b> |         |       |        |        |         |         |         |
|--|---------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| ACTIVIDAD                              |         | 1ra   | 2da    | 3ra    | 4ta     | 5ta     | 6ta     |
| M Caldera Base                         |         | 10%   | 20%    | 40%    | 60%     | 70%     | 80%     |
| M Chimenea y Pasillos                  |         |       | 20%    | 40%    | 60%     | 70%     | 75%     |
| M Quemador                             |         |       |        | 50%    | 75%     | 80%     | 100%    |
| M Manifold Vapor                       |         |       |        |        | 5%      | 35%     | 50%     |
| M Estanque Condensados                 |         |       |        | 10%    | 30%     | 75%     | 100%    |
| M Bombas de Tr. Y Tablero              |         |       |        |        |         | 50%     | 50%     |
| M Desgasificador                       |         |       |        |        |         |         | 20%     |
| M Equipo Ablandador                    |         |       |        |        |         |         |         |
| M Bombas Qcos.                         |         |       |        |        |         |         |         |
| M Bombas Diesel                        |         |       |        |        |         |         |         |
| Prueba y Cierre                        |         |       |        |        |         |         |         |
| <b>VALOR GANADO (BCWP)</b>             |         |       |        |        |         |         |         |
| ACTIVIDAD                              | PPTO    | 1ra   | 2da    | 3ra    | 4ta     | 5ta     | 6ta     |
| M Caldera Base                         | 80.000  | 8.000 | 16.000 | 32.000 | 48.000  | 56.000  | 64.000  |
| M Chimenea y Pa                        | 100.000 |       | 20.000 | 40.000 | 60.000  | 70.000  | 75.000  |
| M Quemador                             | 50.000  |       |        | 25.000 | 37.500  | 40.000  | 50.000  |
| M Manifold Vapor                       | 90.000  |       |        |        | 4.500   | 31.500  | 45.000  |
| M Estanque Cond                        | 20.000  |       |        | 2.000  | 6.000   | 15.000  | 20.000  |
| M Bombas de Tr.                        | 20.000  |       |        |        |         | 10.000  | 10.000  |
| M Desgasificador                       | 50.000  |       |        |        |         |         | 10.000  |
| M Equipo Ablanda                       | 30.000  |       |        |        |         |         |         |
| M Bombas Qcos.                         | 40.000  |       |        |        |         |         |         |
| M Bombas Diesel                        | 20.000  |       |        |        |         |         |         |
| Prueba y Cierre                        | 20.000  |       |        |        |         |         |         |
|  | 520.000 |       |        |        |         |         |         |
| <b>VALOR GANADO</b>                    |         | 8.000 | 36.000 | 99.000 | 156.000 | 222.500 | 274.000 |

**TABLA 5**  
**MEDICIÓN DEL PROGRESO FÍSICO Y CÁLCULO EV**

La medición de los porcentajes de avance físico al término de la sexta semana se aplican al presupuesto de cada actividad obteniéndose el valor ganado en cada una de ellas, la suma total es la que entrega el Valor Ganado del proyecto en esa fecha.

Con los datos acumulativos del Valor Ganado por semana se puede construir la curva que se presenta en el gráfico de la figura 10. Para efectos de control y vaciado de datos en el sistema, el gráfico no cumple otra función que la de indicar el comportamiento y tendencia del Valor ganado a través del tiempo.



**Fig. 10**

Los datos anteriores pasarán a formar parte de un reporte de variaciones, donde también se registrarán los costos efectivos incurridos hasta la sexta semana para calcular las desviaciones.

| REPORTE DE EJECUCIÓN Y RENDIMIENTO |                |                   |                    |                   |                   | VARIACIÓN              |                     |
|------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| 6ta SEMANA                         |                |                   |                    |                   |                   | Variación del Programa | Variación de Costos |
| ACTIVIDAD                          | BAC            | Progreso Físico % | Valor Planif. BCWS | Valor Ganado BCWP | Costo Real ACWP   | (SV=BCWP-BCWS)         | (CV=BCWP-ACWP)      |
| M Caldera Base                     | 80.000         | 80%               | 80.000             | 64.000            | 70.000            | -\$ 16.000,00          | -6.000              |
| M Chimenea y P:                    | 100.000        | 75%               | 100.000            | 75.000            | 75.000            | -\$ 25.000,00          | 0                   |
| M Quemador                         | 50.000         | 100%              | 50.000             | 50.000            | 40.000            | \$ -                   | 10.000              |
| M Manifold Vapor                   | 90.000         | 50%               | 67.500             | 45.000            | 60.000            | -\$ 22.500,00          | -15.000             |
| M Estanque Conc                    | 20.000         | 100%              | 10.000             | 20.000            | 30.000            | \$ 10.000,00           | -10.000             |
| M Bombas de Tr.                    | 20.000         | 50%               | 20.000             | 10.000            | 20.000            | -\$ 10.000,00          | -10.000             |
| M Desgasificador                   | 50.000         | 20%               | 15.000             | 10.000            | 8.000             | -\$ 5.000,00           | 2.000               |
| M Equipo Abland                    | 30.000         | 0%                | 0                  | 0                 | 0                 | 0                      | 0                   |
| M Bombas Qcos.                     | 40.000         | 0%                | 0                  | 0                 | 0                 | 0                      | 0                   |
| M Bombas Diesel                    | 20.000         | 0%                | 0                  | 0                 | 0                 | 0                      | 0                   |
| Prueba y Cierre                    | 20.000         | 0%                | 0                  | 0                 | 0                 | 0                      | 0                   |
| <b>TOTALES</b>                     | <b>520.000</b> |                   | <b>\$ 342.500</b>  | <b>\$ 274.000</b> | <b>\$ 303.000</b> | <b>-\$ 68.500</b>      | <b>-\$ 29.000</b>   |

**TABLA 6**  
**REPORTE DE EJECUCIÓN Y RENDIMIENTO**

El reporte de variaciones permite calcular los indicadores de rendimiento en costos y del cronograma de la Tabla 7 y las proyecciones de la Tabla 8.

| REPORTE DE EJECUCIÓN Y RENDIMIENTO<br>6ta SEMANA |                      |                    | VARIACIÓN                                |                                       | Indices de Rendimiento                     |   |
|--|----------------------|--------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| Valor Planif.<br>BCWS                            | Valor Ganado<br>BCWP | Costo Real<br>ACWP | Variación del Programa<br>(SV=BCWP-BCWS) | Variación de Costos<br>(CV=BCWP-ACWP) | Rendimiento del Programa<br>SPI= BCWP/BCWS | Rendimiento en Costos<br>CPI= BCWP/ACWP |
| 80.000   | 64.000               | 70.000             | -\$ 16.000,00                            | -6.000                                | 0,80                                       | 0,91                                    |
| 100.000  | 75.000               | 75.000             | -\$ 25.000,00                            | 0                                     | 0,75                                       | 1,00                                    |
| 50.000   | 50.000               | 40.000             | \$ -                                     | 10.000                                | 1,00                                       | 1,25                                    |
| 67.500   | 45.000               | 60.000             | -\$ 22.500,00                            | -15.000                               | 0,67                                       | 0,75                                    |
| 10.000   | 20.000               | 30.000             | \$ 10.000,00                             | -10.000                               | 2,00                                       | 0,67                                    |
| 20.000   | 10.000               | 20.000             | -\$ 10.000,00                            | -10.000                               | 0,50                                       | 0,50                                    |
| 15.000   | 10.000               | 8.000              | -\$ 5.000,00                             | 2.000                                 | 0,67                                       | 1,25                                    |
| 0  | 0                    | 0                  | 0  | 0                                     | 0  | 0                                       |
| 0  | 0                    | 0                  | 0  | 0                                     | 0  | 0                                       |
| 0  | 0                    | 0                  | 0  | 0                                     | 0  | 0                                       |
| 0  | 0                    | 0                  | 0  | 0                                     | 0  | 0                                       |
| <b>\$ 342.500</b>                                | <b>\$ 274.000</b>    | <b>\$ 303.000</b>  | <b>-\$ 68.500</b>                        | <b>-\$ 29.000</b>                     | <b>0,8<br/>SPI</b>                         | <b>0,90<br/>CPI</b>                     |

**TABLA 7**  
**CÁLCULO DE INDICADORES DE RENDIMIENTO**

| REPORTE DE EJECUCIÓN Y RENDIMIENTO |                   |                       |                      |                    | Indices de Rendimiento   |                       | PRONÓSTICO                |                          |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| ACTIVIDAD                          | BAC               | 6ta SEMANA            |                      |                    | Rendimiento del Programa | Rendimiento en Costos | Estimado hasta Conclusion | Estimado a la Conclusion |
|                                    |                   | Valor Planif.<br>BCWS | Valor Ganado<br>BCWP | Costo Real<br>ACWP | SPI= BCWP/BCWS           | CPI= BCWP/ACWP        | ETC =<br>(BAC-EV)/CPI     | EAC=AC+ETC               |
| M Caldera Bas                      | 80.000            | 80.000                | 64.000               | 70.000             | 0,80                     | 0,91                  | 16.000                    | 86.000                   |
| M Chimenea y                       | 100.000           | 100.000               | 75.000               | 75.000             | 0,75                     | 1,00                  | 25.000                    | 100.000                  |
| M Quemador                         | 50.000            | 50.000                | 50.000               | 40.000             | 1,00                     | 1,25                  | 0                         | 40.000                   |
| M Manifold Va                      | 90.000            | 67.500                | 45.000               | 60.000             | 0,67                     | 0,75                  | 45.000                    | 105.000                  |
| M Estanque Cr                      | 20.000            | 10.000                | 20.000               | 30.000             | 2,00                     | 0,67                  | 0                         | 30.000                   |
| M Bombas de                        | 20.000            | 20.000                | 10.000               | 20.000             | 0,50                     | 0,50                  | 10.000                    | 30.000                   |
| M Desgasifica                      | 50.000            | 15.000                | 10.000               | 8.000              | 0,67                     | 1,25                  | 40.000                    | 48.000                   |
| M Equipo Abla                      | 30.000            | 0                     | 0                    | 0                  | 0                        | 0                     | 33.175                    | 33.175                   |
| M Bombas Qc                        | 40.000            | 0                     | 0                    | 0                  | 0                        | 0                     | 44.234                    | 44.234                   |
| M Bombas Die                       | 20.000            | 0                     | 0                    | 0                  | 0                        | 0                     | 22.117                    | 22.117                   |
| M Prueba y Cierr                   | 20.000            | 0                     | 0                    | 0                  | 0                        | 0                     | 22.117                    | 22.117                   |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>520.000</b>    |                       |                      |                    | <b>0</b>                 | <b>0</b>              |                           |                          |
| <b>TOTALES</b>                     | <b>\$ 342.500</b> | <b>\$ 274.000</b>     | <b>\$ 303.000</b>    |                    | <b>0,80</b>              | <b>0,90</b>           | <b>257.642</b>            | <b>560.642</b>           |

**TABLA 8**  
**PROYECCIONES**

De la Tabla 8 se puede observar que la proyección indica que faltaría por gastar US\$ 257.642 y terminaría el proyecto con un valor de US\$560.642, es decir US\$40.642 más, que representa una desviación de un 7,8%.

En el ámbito de las proyecciones utilizando el estimador presentado en el capítulo anterior, se obtuvo el siguiente resultado:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>BR = \$ 67.500Sem</b> | <b>EVD=(BCWP/BR) + TF</b><br><b>BR= (BCWS i+1 - BCWSi) / (Pi+1 - Pi)</b><br><b>TF= Pi+1 - (BCWSi+1) / BR</b><br><b>SPI = 0.8</b> |
| <b>TF = 0,93Sem</b>      |  |
| <b>EVD = 4,99Sem</b>     |  |
| <b>VTE = 1,01Sem</b>     |  |
| <b>ETFD = 8,77Sem</b>    |  |
| <b>EFD = 14,77Sem</b>    |  |

**TABLA 9**  
**RESULTADOS DEL ESTIMADOR DE TÉRMINO DE PROYECTOS EN EJECUCIÓN**

La Tabla 9, indica que el proyecto tendría un atraso de 2,77 semanas y tendría una duración total de 14, 77 semanas.

El análisis y medidas de intervención se presentarán en un acápite aparte en este mismo capítulo.

Se debe tener presente que los niveles de información se deben estructurar de acuerdo a las necesidades que indique el sistema de control. Por ejemplo, si se quiere hacer un control y proyecciones en forma mensual, no se podría mantener un sistema de recolección de datos duros trimestralmente.

La obtención de datos, en cantidad, calidad y oportunidad en que se requiere es fundamental para que se puedan adoptar acciones para alinear los esfuerzos en torno al cumplimiento del plan de gestión del proyecto.

En las páginas siguientes se revisarán algunos proyectos que se llevaron a cabo en una gran empresa productiva, cuyos datos se han trabajado tal como se recolectaron.

## 2. PROYECTO N° 2 (P2)

El proyecto N° 2 se refiere al diseño y construcción de una planta para el sistema de control de alcalinidad que incluye la instalación de estanques para líquidos de manejo complejo.

| <b>FICHA PROYECTO P2</b>          |  |        |            |
|-----------------------------------|--|--------|------------|
| <b>Objetivo</b>                   | Construcción de planta e instalaciones de ácido para control de alcalinidad. |        |            |
| <b>Moneda</b>                     | <b>US \$</b>   |        |            |
| <b>Presupuesto</b>                | 1.614.000  |        | BAC        |
| <b>Monto Real Final</b>           | 1.851.668  |        |            |
| <b>Fecha Inicio</b>               |  | Oct-05 |            |
| <b>Fecha Término s/Ptto</b>       |  | Ago-06 | 10 meses   |
| <b>Fecha Término real</b>         |  | Nov-06 | 13,5 meses |
| <b>Fecha Control</b>              |  | Jun-06 |            |
| <b>Avance Programado</b>          | 1.433.232  |        | BCWS       |
| <b>Avance Físico Programado</b>   |  | 88,80% |            |
| <b>Av.Real Gasto Acum. Contro</b> | 854.000  |        | ACWP       |
| <b>% Avance Físico Real</b>       | 1.084.608  | 67,20% | BCWP       |

**TABLA 10**  
**RESUMEN CARACTERÍSTICAS PROYECTO P2**

La tabla 10 muestra el presupuesto aprobado de US\$ 1.614.000.- para el proyecto cuyo objetivo identifica su razón de ser. Destaca en estos datos la cercanía con la fecha de término y el bajo valor de avance real de los costos.

Por su parte, la recogida de datos de su avance físico programado y avance físico real, se presentan en la Tabla 11. Con estos datos fue posible realizar los cálculos para el sistema de control.

| MEDIDAS PROGRAMADAS Y REALES |         |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|
|                              | CONTROL |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
|                              | 4       | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11   | 12   |         |
|                              | ene     | feb   | mar   | abr   | may   | jun   | jul   | ago  | sep  |         |
| % Avance Programado          |         |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
| Mensual                      | 2,2     | 1,3   | 3,6   | 31,1  | 29,4  | 20,4  | 12    |      |      |         |
| Acumulado                    | 2,2     | 3,5   | 7,1   | 38,2  | 67,6  | 88    | 100   |      |      |         |
| % Avance Real                |         |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
| Mensual                      | 2,2     | 1,3   | 3,6   | 22,6  | 18,9  | 18,6  | 21    | 5    | 3    |         |
| Acumulado                    | 2,2     | 3,5   | 7,1   | 29,7  | 48,6  | 67,2  | 88,2  | 93,2 | 96,2 |         |
| Avance US M\$ Prog.          |         |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
| Acumulado                    | 35,51   | 20,98 | 58,1  | 502   | 474,5 | 329,3 | 193,7 |      |      |         |
|                              | 35,51   | 56,49 | 114,6 | 616,5 | 1091  | 1420  | 1614  |      |      |         |
| Avance Físico Real M\$       |         |       |       |       |       |       |       |      |      |         |
| Acumulado                    | 35,51   | 20,98 | 58,1  | 364,8 | 305   | 300,2 | 338,9 | 80,7 | 48,4 |         |
|                              | 35,51   | 56,49 | 114,6 | 479,4 | 784,4 | 1085  | 1424  | 1504 | 1553 |         |
| Valores en Dólares US        |         |       |       |       |       |       |       |      |      | CONTROL |

**TABLA 11**

Esta Tabla muestra los datos en porcentajes y después en miles de dólares respecto de la programación y avance real del proyecto.

| INDICADORES |          |
|-------------|----------|
| SV          | -348.624 |
| CV          | 230.608  |
| SPI         | 0,76     |
| CPI         | 1,27     |

**TABLA 12**

| PROYECCIONES |            |
|--------------|------------|
| ETC          | 416.833    |
| EAC          | 1.270.833  |
| ETFD         | 2,7 Meses  |
| EFD          | 11,7 Meses |

**TABLA 13**

En las Tablas 12 y 13, se informan los indicadores de variación y rendimiento del proyecto, además las proyecciones en costo y de cronograma.

### 3. PROYECTO N° 3 (P3)

**E**l proyecto P3 comprende el diseño, construcción y montaje de un sistema de hidrovaciado que incluye la adquisición de bombas y acueductos de acuerdo a especificaciones.

| <b>FICHA PROYECTO P3</b>          |  |            |         |
|-----------------------------------|--|------------|---------|
| <b>Objetivo</b>                   | Construcción y montaje de sistema de hidrovaciado en embalse |            |         |
| <b>Moneda</b>                     | <b>\$</b>  |            |         |
| <b>Presupuesto</b>                | 608.000.000  |            | BAC     |
| <b>Monto Real Final</b>           | 710.000.000  |            |         |
| <b>Fecha Inicio</b>               |  | Ene-06     |         |
| <b>Fecha Término s/ Ppto.</b>     |  | Jul-06     | 7 meses |
| <b>Fecha Término Real</b>         |  | 30-09-2006 | 9 meses |
| <b>Fecha Control</b>              |  | Jul-06     |         |
| <b>Avance Programado</b>          | 608.000.000  |            | BCWS    |
| <b>Avance Físico Programado</b>   |  | 100,00%    |         |
| <b>Av.Real Gasto Acum. Contro</b> | 502.350.000  |            | ACWP    |
| <b>% Avance Físico Real</b>       | 495.520.000  | 81,50%     | BCWP    |

**TABLA 14**  
**CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO P3**

El comportamiento de avance de este proyecto se muestra en la Tabla 15, en donde se estableció una fecha de control para el mes de Julio, fecha en la que según lo planificado debiera estar terminado el proyecto.



#### 4. ANÁLISIS, ACCIONES Y COMENTARIOS

Como se expresó en los capítulos anteriores, establecer un sistema de control, no implica solamente obtener resultados de rendimiento o proyecciones de comportamiento para el plazo mediano.

Se deben analizar los comportamientos y verificar de qué manera ellos pueden afectar otras variables relevantes dentro del proceso. Como por ejemplo, el no cumplir con el cronograma de compras, puede influir en el proceso inicio o de avance de obras físicas y afectar todo el proceso.

Como se contó con un primer proyecto que expuso en forma fluida y didáctica el proceso de control, en los dos proyectos siguientes, se procedió a tabular los datos principales y la recogida de datos en parte de su avance de cronograma.

##### 4.1 Análisis y Acciones

**En el proyecto P1**, al sexto mes, se observa una desviación en el índice de rendimiento en costos y del cronograma que debiera ser superada aplicando un mayor nivel de eficiencia en las operaciones. En este caso las actividades 2, 5 y 7 se ven retrasadas, una de las razones principales es que ellas han sufrido cambios por solicitudes específicas realizadas en forma posterior al estudio de ingeniería de detalle, para un mejor tratamiento de la emisión de material particulado. La acción en este caso, comprende la documentación del suceso para considerarlo en futuros montajes.

Con todo, el nivel de variación final en costos se estima superior en un 7,8%, valor considerado normal y dentro de los márgenes aceptados.

Aún, si se quisiera llegar al nivel de costos BAC, inicialmente programado, sería necesario alcanzar un nivel de eficiencia del 113%, que por cierto es logable, pero ello podría significar un aumento colateral de costos que se estimó no necesario en la medida que ello implicará una mayor inversión.

El  $SPI < 1$ , en la fecha de control, significa que es necesario mejorar este indicador pues así, está informando que las actividades se extenderán, y ello, siempre involucra un costo adicional.

El atraso estimado en 2,77 semanas, tuvo un error de 0,77 semanas, representando un nivel de 5,5% de error sobre el total real del periodo del proyecto. Este atraso se debió a una demora en la certificación de la caldera por el SEGTEL<sup>24</sup>. Lo anterior, indica un buen comportamiento del estimador de término de proyectos cuando la fecha de control es en la mitad de este proceso. Esta desviación del cronograma es factible anularla con uso de las holguras y aumentos de eficiencia en las etapas restantes.

AL respecto, las actividades 8, 9, 10 y 11 a la fecha de control no habían empezado y por tanto son una fuente potencial de optimización de los rendimientos.

El monto total de los costos en la instalación de esta caldera de ciclo combinado alcanzó el valor de US\$ 556.000.-, ello representa una variación de 6,9% respecto del valor presupuestado BAC; y una muy pequeña variación de un 0,8% en relación al estimado EAC (US\$560.642), lo que indicaría una muy acertada estimación, ayudando a confirmar la validez del estimador, lo que a su vez explica que el comportamiento de eficiencia en costos fue constante y se mantuvo desde la fecha de control hasta el término de éste.

Como no existen variaciones importantes, no se estima necesario actualizar la línea base del presupuesto para reasignar costos.

**En el proyecto P2**, se observa una variación positiva en costos, que es algo abultada, incidiendo por lo mismo, en un muy buen índice (230.608). Ello se debe revisar pues los extremos, “muy eficiente” y “muy deficiente”, muchas veces involucran algún problema que no se ha detectado. En este caso fue que por efecto de la burocracia administrativa, hubo partidas que no se habían contabilizado a pesar de que los fondos ya estaban comprometidos para el pago e incluso algunas facturas pagadas.

Lo anterior deja al descubierto algunas falencias en el flujo de información del que se alimentan los niveles de información de la empresa y que será necesario intervenir levantando el proceso y describiendo los puntos débiles para adoptar acciones de mitigación o anulación, que entreguen índices no contaminados con problemas administrativos internos.

---

<sup>24</sup> Es curioso que un equipo que viene de Europa con denominación de origen y niveles de calidad ajustados a normas más exigentes que la de Chile, se deben certificar de igual forma por la Superintendencia de Electricidad, Gas y Telecomunicaciones.

Por su parte, el indicador de la variación en el cronograma es negativo (348.624), mostrando un retraso en lo que respecta al avance programado, (Este debiera ser un 88,8% de la obra y sólo alcanza al 67,2% de ella. Lo anterior, esta refrendado por el indicador de eficiencia en costos  $CPI = 1,27$  que al ser mayor que uno está indicando que el Valor Ganado es de un monto mayor que lo invertido en lograrlo. En tanto, el indicador de eficiencia del cronograma es deficiente  $SPI = 0,76$  (menor que 1), lo que incidirá necesariamente en las proyecciones de término del proyecto.

El comportamiento de los estimadores muestran proyecciones de tiempo y proyecciones de costos, que se correlacionan, tal como se expresara, con el SPI y el CPI. En efecto, el tiempo estimado de término, a partir de la fecha de control es 2,7 meses, es decir un atraso proyectado de 1,7 meses sin considerar imprevistos después de esta medición. Si bien es cierto, algunos factores habían forzado un atraso, el imprevisto mayor se dio posteriormente a esta proyección, al reventar un estanque al que se le realizó una prueba hidroneumática, atrasando con ello en poco más de un mes la entrega del proyecto por sobre la estimación de atraso que ya se tenía.

En las estimaciones de costos totales ( $EAC = US\$1.270.833$ ) no se logró quedar en un rango adecuado con lo sucedido en la realidad, -hubo un mayor costo de  $US\$237.000.-$  respecto del monto BAC- debido principalmente al hecho de que los datos duros trabajados son los entregados por la empresa contratante y ella tiene un margen muy escaso para cambiar los montos, y si lo hace, fundamentalmente es por aumento de obra, ya que el grueso en sí, está tratado por licitación. Por tanto los ahorros o mayores costos son absorbidos por el contratista, siempre y cuando esos últimos no se originen en causas ajenas a él, y sean absorbidos por la contratante.

**Respecto del proyecto P3**, se debe destacar que a diferencia de otros controles, éste se llevo a cabo a la fecha de término del proyecto, por lo que las variaciones de cronograma llevan incorporadas los atrasos a lo largo de la obra, con un déficit del 18% en el calendario de actividades que se refleja en la variación del cronograma ( $-112.480.000.-$ ) y el  $SPI = 0,82$ . Lo anterior, influyó en el algoritmo de cálculo para determinar la estimación del tiempo restante para el término del proyecto del tal forma que el  $ETFD = 4,1$  meses, excede en cerca de un 33% el tiempo real ocupado.

Ello podría tener su explicación debido a que al estar el control al final del ciclo del proyecto, la tasa de quemado, que es la pendiente de la curva, arroja tiempos que escapan al comportamiento normal al término del proyecto.

La estimación del EAC fue acertada (que también se explica por el  $CPI=0,99$ ), aunque se deja establecido que se ha obviado en el análisis la última modificación –posterior a la medición- que aumentó las obras en \$102.000.000.- y es eso lo que hizo subir el monto real final. Esto no se consideró dado que un estimador pretende en base a hechos pasados predecir cifras futuras, pero no tiene la “inteligencia” para considerar hechos futuros que no han ocurrido y que podrían incidir en el resultado.

Para evitar estos sobre costos es necesario supervisar con mayor detención la ingeniería de detalle, ya que debido a debilidades en ella se ha tenido que recurrir a aumentos de obra que no estaban contempladas en la licitación inicial. Ello sumado a una mejor planificación en el tema de los cortes de energía no programados e inicio de faenas en primavera-verano evitarían en gran medida incurrir en estos costos adicionales que afectan la eficiencia en la administración de proyectos.

## **4.2 Comentarios**

La oportunidad e ingreso de datos para convertirlos en información es crucial para cualquier sistema en que sus insumos son datos sobre el comportamiento anterior de los procesos.

La información fidedigna que fluye del comportamiento de las distintas variables en un proyecto, cuando se trata de proyectos licitados, tiene su origen en dos fuentes: La de la entidad licitante o contratante y la del adjudicado o contratado para llevar a efecto el proyecto.

La información que cuentan ambos puede ser diferente, tratándose de un mismo proyecto. En el caso de la información aportada por el contratado es más específica, viene de mejor fuente y contiene aspectos que sería difícil indicar desde la otra fuente; por ejemplo las variaciones de costo que puede asumir la empresa licitada para cumplir con la fecha de entrega y así evitar multas.

Una situación así sería inocua para la contratante, y ni siquiera aparecería en sus registros. A menos que dichos atrasos impliquen que tengan que asumir mayores costos y eso signifique una negociación entre las partes. A menudo se pueden observar este tipo de situaciones, sobretodo cuando las causas del retraso no se deben a responsabilidad exclusiva de la contratada. Para estos efectos, normalmente se establece la forma de administrar y arbitrar estas situaciones.

Distinto es el caso, cuando la información de la contratante se refiere a un proyecto que, a su vez, es un subproyecto más, como otros que administra paralelamente, conformando así un mega proyecto, del que ciertamente la responsabilidad de éste último y el desarrollo de los procesos para su éxito, dependen de la primera.

Por tanto, resultará más aplicable la metodología del EV cuando la información proviene del gestor que desarrolla y ejecuta el proyecto y no de su contratante, que establece plazos, multas penalidades y normalmente traspasa los riesgos a la ejecutante o contratista, con la excepción de lo establecido en el párrafo anterior.

En el caso particular de este trabajo, la información del proyecto de la caldera de ciclo combinado proviene de la empresa que lo ejecutó; en el caso de los proyectos P2 y P3, la información proviene de la contratante.

Con todo, existe una gran reticencia a entregar información, tanto de los contratantes como de los contratados, situación que dificulta la obtención de datos duros para su estudio.

\*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*

#### **IV. CONCLUSIONES**

##### **1. GENERALES**

**L**a Administración de Proyectos definitivamente es una ventaja competitiva para las empresas que la utilicen formalmente, considerando ésta como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas, orientados a un conjunto de actividades necesarias para cumplir con los requerimientos de un proyecto específico.

Hoy en día las empresas reconocen la necesidad de especialización y se preocupan de colocar Gerentes de Proyectos profesionales a la cabeza de sus emprendimientos.

A pesar de todos los esfuerzos por estandarizar y aplicar técnicas de gestión de proyectos, la probabilidad de que finalicen con éxito sigue siendo baja. Una clave importante es, en este ámbito, el recurso humano y muy especialmente la experiencia del líder de proyectos.

Una de las técnicas, quizás poco conocida, para evaluar el desarrollo de los proyectos es el Valor Ganado, que esta situada como estándar a nivel mundial, y es usada por las principales potencias económicas como un instrumento válido para el Project Management. Ella nace como una respuesta a la gran cantidad de inversiones perdidas debido a una deficiente administración de los proyectos y a la necesidad de saber cómo ha sido el desarrollo del proyecto, su grado de avance para poder realizar algunas estimaciones de cómo terminará éste.

Uno de los objetivos propuesto ha sido acercar esta metodología a los interesados en familiarizarse en esta línea, ello se estima logrado al entregar un texto de fácil lectura y comprensión.

Una propuesta valedera en este sentido, es el sistema de control basado en la metodología presentada, la que por su sencillez es fácil de aplicar y tiene posibilidad de gran cobertura en un gran espectro de áreas de trabajo y empresas de distinto tamaño. Al respecto, cabe destacar que existen algunos software de apoyo al control y administración de proyectos, sin embargo, la adquisición de ellos requiere de montos de inversión a veces prohibitivos para la pequeña y mediana empresa. Aquí es donde esta técnica cobra valor con los procedimientos descritos en este trabajo.

Las interacciones entre procesos, a menudo requieren que se hagan concesiones entre los requisitos y los objetivos del proyecto. Es posible que un proyecto grande y complejo tenga algunos procesos que deban repetirse varias veces para definir y satisfacer los requisitos de los interesados, y para llegar a un acuerdo acerca de las salidas de aquellos.

La realización y administración de proyectos requiere una visión integral que vincule los factores que determinan el éxito o fracaso del mismo. Dichos factores, como se describió en el trabajo, son muchos y su incidencia en los proyectos varía de un proyecto a otro.

En los extremos del desarrollo de un proyecto, es decir, al comienzo o muy cerca del final se produce un cambio en la apreciación del éxito de éste. Al comienzo, siempre existirán dudas acerca del buen término del proyecto, ya sea por debilidades de la empresa ejecutante, o por amenazas o imponderables que puedan surgir del entorno. Por tanto, a mayor avance del proyecto, mayor confianza en su éxito, y es que en los tramos finales de ejecución la apreciación de un cierre exitoso se deja sentir.

Pero, ¿qué determina el éxito de un proyecto? Es una respuesta que no se ha podido contestar a pesar de la gran cantidad de estudios que se han realizado al respecto. Sólo ha quedado claro que el éxito es una percepción que tienen los distintos actores que se encuentran relacionados con el proyecto o usuarios de los productos entregables de éste.

Mientras no encontremos respuestas se deberá seguir investigando acerca de las variables que se asocian al éxito o al fracaso de los proyectos.

## **2. RESPECTO DEL TRABAJO REALIZADO**

Se ha presentado un sistema de control basado en indicadores y estimadores que arroja la técnica del Valor Ganado, utilizando para ello las variaciones en costo y de cronograma, los indicadores de performance en costos y de cronograma; y por último se han presentado estimadores, también de costos y de fecha de cumplimiento del desarrollo del proyecto.

La aplicación de este sistema a tres proyectos ha demostrado la utilidad que pueden prestar los indicadores y estimadores en la gestión de proyectos. Sin embargo, la aplicación, obtención e interpretación de los valores del indicador o estimador, se debe hacer considerando las

depuraciones necesarias para evitar interpretar una señal errónea acerca del proceso.

En efecto, el sistema de control propuesto puede dar alertas sobre la marcha de los proyectos en dos áreas fundamentales que son: los costos y los tiempos de término, en general las variables del resto de las áreas tienen su impacto en estas dos últimas. Como es de sentido común, la efectividad de medidas de intervención para alinear el desarrollo del proyecto, tiene directa relación con la etapa en la cual se encuentra el proyecto. Las intervenciones al inicio del proyecto son mucho más efectivas que aquellas que se hacen al término, y si bien es cierto a medida que el proyecto se acerca a su término, crece en mayor medida la expectativa de éxito, también es más difícil lograr medidas de intervención más efectivas hacia el término de éste.

Por ejemplo, el buen indicador de rendimiento en costos CPI, del proyecto P2, aparecía como excelente. Ello llevó a obtener por su parte, un estimador de costo al término un tanto desviado de la realidad, pero al investigar, se obtuvo el antecedente que existían algunas falencias en los flujos de información, que resultó en que no se consideraran gastos ya realizados y no informados a la administración del proyecto, lo que produjo un mejoramiento artificial del estimador. Con todo, en los proyectos P1 y P3 los estimadores de costo EAC y ETC fueron bastante exactos en sus predicciones respecto del valor real de costo alcanzado, confirmando su legitimidad como estimadores de costo. Lo anterior, viene a reiterar que para que funcione cualquier sistema de control, es necesario contar con información oportuna, exacta y fidedigna. Es decir, no basta tener un buen indicador, ni un sistema de control basado en ellos, si la calidad de la información no es buena.

También se ha presentado un estimador de tiempo de término de proyectos, que ha tenido un comportamiento satisfactorio en los resultados al aplicarlos a aquellos. Efectivamente, para el primer proyecto P1, se obtuvo un resultado excelente, casi coincidente lo pronosticado con la realidad. En el proyecto P2, el pronóstico con la realidad sufrió una desviación marginal. Sin embargo en la aplicación al proyecto P3, el resultado tuvo una variación de un 9,1% respecto del tiempo total.

Al respecto, se puede deducir que la limitante que tendría dicho estimador, se encontraría en la definición de la tasa de quemado y por ende el EVD (fecha en la cual el presupuesto de costo programado se iguala al valor ganado) cuando las curvas se acercan al término de los proyectos.

Ello se explicaría porque la pendiente hacia el final de las curvas se hace muy pequeña, situación que no se condice con la mayoría del proceso donde ella es mayor, por tanto dicho indicador pierde efectividad en los extremos aunque sería mucho más acertado en el sector medio de las curvas del costo presupuestado. Esta situación puede ser objeto de estudio en un futuro trabajo.

En otro orden de ideas, el Sistema de Control debe contar con el adecuado apoyo administrativo para registrar todas las transacciones importantes en cada proyecto, por ejemplo, un aumento de obra puede llegar a redefinir la línea base de costos, y el no hacerlo incidirá en el comportamiento de los indicadores y estimadores.

La implantación de un Sistema de la Control, que efectivamente se aplique, se mantenga y se revise periódicamente, ayudará a prevenir y controlar los problemas y los riesgos habituales de los proyectos, aunque no será una garantía del éxito de los mismos.

También se ha demostrado que existen dos prismas en relación a la administración de un proyecto licitado: el de la empresa contratante y el de la empresa contratada para su desarrollo. A la primera, si bien es cierto le interesa el desarrollo y éxito del proyecto para obtener los productos entregables, el tema de los costos lo tiene solucionado al establecer un valor de él. Sin embargo, el contratista o contratado para estos efectos, luchará constantemente para tener controlado el tema de sus costos.

Con todo, la aplicación del sistema de control propuesto es consistente con la gestión adecuada de proyectos basada en el PMI ®

Existen grandes empresas licitadoras de proyectos en Chile, que no cuentan con un sistema que de fe del avance de los proyectos y su nivel de rendimiento en costos para llevar a cabo un control uniforme de cada uno de éstos.

Las concesiones específicas de rendimiento pueden variar de un proyecto a otro, y de una organización a otra. El éxito de una dirección de proyectos incluye la gestión activa de estas interacciones a fin de cumplir exitosamente con los requisitos del patrocinador, el cliente y los demás interesados.

\*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*

## V. LIMITACIONES Y FUTUROS TRABAJOS

Este trabajo estuvo limitado por la escasa información que se pudo obtener de proyectos reales. Ello se fundamenta en tres situaciones:

- La ausencia de registro de los hechos económicos y físicos.
- Si algo de registro existe, éstos no son uniformes ni completos.
- La falta de confianza en entregar los datos para estudio.

Otra limitación se encontró en la investigación bibliográfica, ya que en las bibliotecas universitarias casi no existe material respecto de Project Management, menos sobre EVM.

La mayor fuente de información son las publicaciones en las revistas del PMI y papers que publican sobre el tema. Una ayuda importante ha sido el PMI BOK® y lo publicado por sus miembros.

En el ámbito de las futuras investigaciones y trabajos, se pueden sugerir los siguientes:

- Validación del estimador de tiempo de término de proyectos a través de una muestra representativa en los procesos de inicio planificación; ejecución; y cierre de los emprendimientos.
- Establecer las variables relevantes en el éxito de los proyectos. Para ello se debiera contar con un número suficiente de encuestas y se debieran determinar estadísticamente (Por ejemplo con el e-view) cuales son las variables que más influyen en el éxito de los emprendimientos. Esto que no tiene que ver directamente con la línea de investigación del Valor Ganado, es un tema de relevancia en la Administración de Proyectos, tópico que ha sido tratado en este trabajo.

\*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*      \*\*\*\*\*

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Abba, Wayne, "How Earned Value Got to Primetime" PMI, Houston, Texas 2000.

Brandon, Daniel M. (1998, June ) "Implementing Earned Value Easily and Effectively." *Project Management Journal* 29: 11-18.

Briceño , Pedro L., Administración y Dirección de Proyectos, Un enfoque integrado. Universidad de Chile, PIADE. 1994.

Bromberg, Irwin (1984). "Earned Value Back to Basics." *AACE Transactions*, pp. A.6.1-.6.

Butler, A. G Jr. "Project Management: A Study in Organizational Conflict" *Academy of Management Journal*, p. 84 – 101. 1973.

Cass, Donald J (1991). "Earned Value Graphics New, Exciting, Innovative." *AACE Transactions*, pp. L.4.1L.4.6.

Chen, Mark T (1991). "Applying Earned Value Procedure to Engineering Management." *AACE Transactions*, pp. O.4.1O.4.5.

Christensen, David (1998, Fall). [The Costs and Benefits of the Earned Value Management Process](#) *Acquisition Review Quarterly* 5: 373-386.

Christensen, David S (1993, Spring). [Determining an Accurate Estimate at Completion](#) *National Contract Management Journal* 25: 17-25.

Christensen, David S. and Carl Templin (2002, Spring). [EAC Evaluation Methods: Do They Still Work?](#) *Acquisition Review Quarterly* 9:105-116.

Christensen, David S. and Kirk I. Payne (1992, April). ["CPI Stability-Fact or Fiction?"](#) *Journal of Parametrics* 10:27-40.

Christle, , Gary E., Integrated Program Management Conference, Tyson Corner, 1999.

Cleland, David I., y King, William R. "System Analysis and Project Management . Mc graw-Hill Book Company, 1993.

Crowther, Steve. (1999, June). "Best of British: Earned Value Management." *British Association for Project Management*: 13.

Driessnack, Hans H. "Integrated Program Management Conference, Tyson Corner, 1999.

Fleming, Quentin W. and Joel M. Koppelman (2001, December). "Earned Value for the Masses" *The Measurable News* p. 24-26

Fleming, Quentin W. and Joel M. Koppelman (2002 March). "Earned Value Management." *Program Manager* 31:90-95.

Fleming, Quentin W. and Joel M. Koppelman (2005). *Earned Value Project Management*, 3rd edition. Newton Square, PA: Project Management Institute (PMI). ISBN 1-93069989-1.

Green, Don (1998, October). "Project Control Through Earned Value." *Proceedings*. Project Management Institute.

Henderson, Kym. (2005, 23 February). "The Benefits of Earned Value Management for "Strategic Commercial Imperatives" " *Proceedings of the inaugural PMI Asia-Pacific Global Congress Singapore: 21 – 23*.

Humphreys & Associates, Inc (2002). *Project Management Using Earned Value*.

Hunter and Stickney. *Manual para la Administración de Proyectos*. p. 695-715. CECSA 1999.

John R. Adams, "Organizational Life Cycle Implications for Major R & D Projects", *Project Management Quarterly*, Vol IX, N° 4. p. 32-39, 1978.

Kim, Yong-Woo and Glenn Ballard (2002 March). "Earned Value Method and Customer Earned Value." *Journal of Construction Research* 3:55-66.

*PMIBOK* ® *Guide*, *Project Management Institute Body of Knowledge*, Edición 2004.

Project Management Institute (PMI) (2000). "A Guide to the Project Management" *Body of Knowledge (PMBOK Guide)*

Schneider, Grez. 2000 Legislator Threatens To Block jet Again. *Washington Review*, April.

*The American Heritage Dictionary of the English Language*, 3rd ed. Boston: Houghton Mifflin Company, 1992.

Vargas, Ricardo Viana (2003). "Earned Value Analysis in the Control of Projects: Success of Failure?" *Transactions of AACE International*. p1-1.

Vargas, Ricardo Viana (2005, May). "Using Earned Value Management Indexes as Team Development Factor and a Compensation Tool." *Cost Engineering* 47:20-25.

#### CITAS DE INTERNET

<http://guidebook.dcmamil/79/criteria.htm> Earned Value Management System Criteria

[http://home.gwu.edu/~anbarif/pdf/Anbari\\_Research\\_Research\\_and\\_Publications.pdf](http://home.gwu.edu/~anbarif/pdf/Anbari_Research_Research_and_Publications.pdf)  
Bibliografía Personal del Autor Anbari

[http://sydney.pmichapters-australia.org.au/programs/customer/v\\_filedown.asp?P=31&FID=822991528&FRF=n](http://sydney.pmichapters-australia.org.au/programs/customer/v_filedown.asp?P=31&FID=822991528&FRF=n)  
&  
Beneficios del EV

[http://www.alejandrobarrros.cl/proyectos\\_TIC\\_CEGOV.pdf](http://www.alejandrobarrros.cl/proyectos_TIC_CEGOV.pdf)  
Proyectos TIC en el Sector Público, 2004

<http://www.allbusiness.com/management/951028-1.html>  
PM :EV métodos y extensiones

<http://www.esi-intl.com/public/publications/Horizonspdfs/horizons0900.pdf>  
EVM Situación Actual y estrategias para una implementación exitosa. EunHong Kim.  
Horizon Review Sep 2000

<http://www.pmforum.org/library/papers/2003/0102papers.htm#03>  
EV Cómo llega a ser estrella. Revista con otros artículos sobre EV > < Autores

[http://www.pmi.org/PDF/pp\\_marshall.pdf](http://www.pmi.org/PDF/pp_marshall.pdf)  
Contribución del EV a la adm de Proyectos; éxito y crecimiento.

<http://www.aec.com.br/aecom2/engl/bd/Using%20Earned%20Value%20Management%20Indexes%20as%20a%20Team%20Development%20Ingles.pdf>

Indicadores de EVM usados para un equipo. Ricardo Vargas

<http://www.suu.edu/faculty/christensend/evms/UsingtheCPI%20JCAM94.pdf>

Usando Indicadores de Rendimiento para evaluar EAC

[www.acq.osd.mil/pm](http://www.acq.osd.mil/pm)

Material sobre el valor ganado aparece en el sitio web del DoD de EEUU:

[www.cpm-pmi.org](http://www.cpm-pmi.org).

Parte de la literatura bibliográfica del EVM se encuentra disponible en el sitio

<http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=201>.

Piorun Daniel, ¿Por qué fracasan los proyectos?

<http://www.pmi.org>, Project Management Institute, 2004, Unites States of America.

[http://www.standishgroup.com/sample\\_research/chaos\\_1994\\_1.php](http://www.standishgroup.com/sample_research/chaos_1994_1.php). Págs. 1-4  
Standish Group, The CHAOS Report (1994).