

**GUÍA DE APLICACIÓN DEL METODO DEL VALOR GANADO COMO SISTEMA INTEGRAL  
DE CONTROL, SEGUIMIENTO Y SUPERVISIÓN DE OBRAS**

**ING. CARLOS FERNANDO RIVERA PEÑA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES  
BUCARAMANGA  
2012.**

**GUÍA DE APLICACIÓN DEL METODO DEL VALOR GANADO COMO SISTEMA INTEGRAL DE CONTROL, SEGUIMIENTO Y SUPERVISIÓN DE OBRAS**

**Monografía para optar al Título de Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles**

**Ing. Carlos Fernando Rivera Peña**

**Asesor:  
MSc. Margareth Indira Viecco**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES  
BUCARAMANGA  
2012.**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a los seres que a lo largo de mi vida y que día a día me acompañan y me guían a ser una mejor persona cada día.

A mi madre Roselía a quien le debo lo que soy, a mi abuela María Luisa, a mi amada esposa Eliza "*mi gordita*", y al ser más hermoso de mi vida, Daniela "*mi Chiquis*".

Por su paciencia, su apoyo incondicional, su tolerancia, su comprensión y por todo lo que a diario me brindan y que nunca agradezco, mil y mil gracias.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi Universidad, a los ingenieros y maestros Silvia Juliana Tijo, Aldemar Remolina y Margareth Viecco por todo su apoyo en este trabajo.

Al Ingeniero Marco Sergio Cote Peña por compartir sus conocimientos y orientarme en mis dudas.

A mis compañeros de trabajo Andrés Fernando, Juan Carlos, David, José Alexander, Carlos, Jenny, Adriana, Sofía y Judy

A mi querida y dilecta "Cuñis", Marcela Villa, por todo su apoyo moral para continuar y por ese apoyo técnico con algunas gráficas de Excel.

Y a Edgar Osorio (Q.E.P.D) por compartir su cuaderno de notas de esta misma especialización, por su orientación y su alegría.

A todos mil gracias por su valiosa amistad.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	13
<b>2. ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE Y ALCANCE</b>	<b>14</b>
2.1 MARCO DE REFERENCIA	14
2.2 MARCO CONCEPTUAL	16
<b>3. IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>19</b>
3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
3.2 DESCRIPCIÓN PASO A PASO DE GUIA METODOLOGICA DEL VALOR GANADO.	20
3.2.1 Valor Planificado	20
3.2.2 Costo Real	22
3.2.3 Valor Ganado	27
3.2.4 Indicadores de Varianza y Proyecciones	31
3.2.5 Gráficos de Seguimiento	36
3.2.6 Análisis por Actividades	39
3.3 DESCRIPCION DEL MODELO DE INFORME PERIODICO.	41
<b>4. DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL METODO TIME-COST TRADE-OFF EN ACTIVIDADES CRÍTICAS.</b>	<b>44</b>
<b>5. OBSERVACIONES Y RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>50</b>

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro No 1: Valor Planificado</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro No 2: Valor Real</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro No 3: Valor Ganado</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro No 4: Medición de Rendimientos</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro No 5: Indicadores</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro No 6: Análisis por Actividades</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro No 7: Modelo de Informe Periódico</b>	<b>42</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Curva S – Valor Planificado	22
Figura 2: Curva S – Costo Real	26
Figura 3: Curva S – Valor Ganado	30
Figura 4: Variaciones	31
Figura 5: Curvas S (valor planificado, valor ganado y valor real)	31
Figura 6: Análisis periódico de flujos	31
Figura 7: Desempeño general del proyecto según el CPI y SPI	32
Figura 8: Diagrama de flujo del desarrollo de la EVM	33
Figura 9: Curva tiempo – costo de una actividad	45

## RESUMEN

**TITULO:** GUÍA DE APLICACIÓN DEL METODO DEL VALOR GANADO COMO SISTEMA INTEGRAL DE CONTROL, SEGUIMIENTO Y SUPERVISIÓN DE OBRAS.  
**AUTOR:** Ing. Carlos Fernando Rivera Peña  
**FACULTAD:** Ingeniería Civil - Especialización en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles.  
**DIRECTOR:** MSc. Margareth Indira Viecco Márquez  
**PALABRAS CLAVES:** Gestión de costos, seguimiento, control, programación, presupuesto, Valor ganado.

La falta de control y seguimiento a los proyectos de construcción ha generado en el medio y en la sociedad un malestar por todo lo que esto conlleva, obras a medio terminar, proyectos de baja calidad, proyectos mutilados, etc.

La Metodología del Valor Ganado es una herramienta integral con la que se pueden identificar alarmas tempranas que eviten que un proyecto se salga de la línea base con la cual fue concebido y que la culminación de este cumpla los estándares de calidad, costo y tiempos programados desde el inicio del mismo.

Este trabajo brinda la aplicación del Valor Ganado a través de unos cuadros sencillos que pueden ser desarrollados en cualquier hoja de cálculo, los cuales son descritos detalladamente para que sean una herramienta de control y seguimiento que permita lograr en buen término la culminación de cualquier proyecto de construcción. También se presenta el formato de un informe periódico de fácil interpretación y lectura, que le permite observar al lector el estado general del proyecto, su avance, su desarrollo y sus proyecciones según el desempeño que a la fecha se haya tenido, en términos de presupuesto, costos finales de obra y tiempos estimados para la finalización.

## ABSTRACT

**TITLE:** APPLICATION GUIDE AS A METHOD OF EARNED VALUE INTEGRAL SYSTEM CONTROL, MONITORING AND SUPERVISION  
**AUTHOR:** Carlos Fernando Rivera Peña  
**FACULTY:** Civil Engineering Faculty  
Management of Civil Works Specialization  
**DIRECTOR:** MSc Margareth Indira Viecco Márquez  
**KEY WORDS:** Cost management, monitoring, control, programming, budgeting, Earned value.

The lack of control and monitoring of construction projects has resulted in a bother for the environment and society; over budget, unfinished project, poor quality projects and so on.

Earned value methodology is a comprehensive tool with which you can identify early warning's, that would ensure a success project within the baseline whit which it was conceived. Also at the end of the project it meets the standards of quality, cost and schedule.

This work provides earned value application through a few simple charts that can be developed in any spreadsheet; these are described in detail to be a control and monitoring tool to archive's a well performance of any construction project.

This work also presents a regular report format for easy interpretation and reading, which allows the reader to observe the overall project status progress, development and forecast based on how much work has been accomplished in terms of budget, final cost of work and schedule. (time remained for completion)

## INTRODUCCION

Una de las habilidades más importantes que deben adquirir aquellas personas que tienen como responsabilidad dirigir obras de construcción es *proyectarse* en un escenario futuro que compromete la toma de decisiones acordes con los escenarios *proyectados*. Las áreas de gestión son fundamentales en este proceso de dirección o gerencia del proyecto, y para esto existen métodos y teorías que pueden ser de gran utilidad si se es constante en su aplicación y claros en sus resultados.

La metodología del Valor Ganado (Earned Value Management, EVM) ofrece un gran aporte hablando en términos de control y producción, contienen tres de las más importantes áreas de gestión aplicadas a proyectos: gestión del alcance, gestión del tiempo y gestión del costo<sup>1</sup>.

Esta metodología es una de las herramientas de control más completas y útiles en la gerencia de proyectos porque ofrece una visión integral y proyectada del desarrollo de la obra dentro de los parámetros de calidad, costo y tiempo. Su implementación permite conocer previamente si la obra presenta un atraso o un adelanto según la programación inicial, si los recursos del proyecto se están usando eficientemente, si se está presentado un ahorro o un sobrecosto según el presupuesto, la eficiencia con que se está usando el factor tiempo, cual es el costo de los trabajos que faltan para finalizar, y cuál será el costo final del proyecto<sup>2</sup>.

Resolver estas inquietudes periódicamente, permite identificar alarmas tempranas de falencias, que con decisiones acertadas conllevan al éxito del proyecto. Sin embargo, los indicadores y las proyecciones del EVM, son de carácter general de la estructura de trabajo al cual se le aplica la metodología y no señalan una actividad específica de análisis.

Con este trabajo se pretende dar a conocer de una manera fácil y práctica, el diseño e implementación de una guía metodológica del Valor ganado, permitiendo identificar actividades críticas, tanto en costos como en tiempos; presentados en un modelo de informe periódico claro y de fácil interpretación. Como consecuencia de la identificación de las actividades críticas del periodo, se realiza el planteamiento de métodos de optimización tales como el *time cost - trade offs* o los controles del sistema Lean Construction como el *last planner* con los cuales se busca normalizar la ejecución de dicha actividad.

---

<sup>1</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE PROYECTOS (GUIA DEL PMBOK), GLOBAL STANDARD, 4ta EDICIÓN, 2008, PP 146-165.

<sup>2</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Practice Standard for Earned Value Management; Global Standard.

Partiendo de la entrada de datos para la alimentación periódica del valor ganado, y llevando un historial comparativo de los sobrecostos y ahorros por actividad, que se van presentado en el proyecto; se planteará la implementación de uno de los métodos de contingencia antes descritos para aquellas actividades de mayor relevancia, según les sea aplicable.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una guía que permita a estudiantes, constructores y profesionales de la construcción en general, implementar de manera eficaz y eficiente el método de valor ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Documentar y hacer una revisión bibliográfica detallada de los antecedentes del método del valor ganado y su implementación en proyectos de construcción.
2. Desarrollar los cuadros guía de aplicación del método del valor ganado.
3. Crear un modelo de informe periódico que permita identificar las alarmas generales del desarrollo de la obra y a su vez permita visualizar las actividades específicas que estén ocasionando estas alarmas.
4. Plantear posibles métodos de contingencia para minimizar impactos generados por decisiones tomadas en un proyecto de construcción, y en actividades específicas que lo ameriten.

## **2. ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE Y ALCANCE**

En el desarrollo de un proyecto de construcción, comprendido este desde su planificación, ejecución, supervisión y entrega; se pretende de manera permanente tener todo el control de los factores tiempo y costo que lo rigen. Se han implementado gran variedad de métodos y se han desarrollado software que basados en unas entradas directas desde la obra, desarrollen un control de costos por actividad, periódicamente.

Estas metodologías han sido eficaces en su propósito, pero no han contemplado la proyección que en su momento el gerente o director necesita ver para poder tomar decisiones acertadas.

De igual forma, en el campo de la supervisión o interventoría que se realizan a las obras, en especial de carácter público, el control varía según el tipo de contrato que tenga el contratista, limitando de antemano al contratante a realizar un seguimiento objetivo, real y cuantificable de su proyecto y de lo que hace falta en tiempo y dinero para terminarlo. Como consecuencia de ello, a menudo se ven obras inconclusas, sin funcionamiento y en deterioro, obras recortadas y a medio funcionar por falta de un control integral que en su momento adecuado hubiera podido proyectar tales consecuencias y en donde se hubieran debido tomar las decisiones correctas de los pasos a seguir.

### **2.1 MARCO DE REFERENCIA**

En la mayoría de los proyectos de construcción se establecen mecanismos que controlen el avance y la ejecución de la obra en cuanto a la calidad y costos. Las herramientas usadas en estos tipos de controles son la programación general, el presupuesto de obra y la implementación de planes de calidad, chequeados rutinariamente en la supervisión de obra a través de formularios diseñados para tal fin.

Tales controles cotidianamente son aplicados de forma independiente y en general sucede que si se cumple con la programación del proyecto, los costos suelen elevarse y en tales casos se observa la mala práctica de disminuir la calidad en materiales y en los entregables del proyecto para cumplir con los costos arrojados de un presupuesto improvisado y elaborado por personas sin la experiencia mínima requerida para tal tarea.

Es aquí donde surgió la necesidad de crear un plan de control integral que vincule directamente los costos reales y presupuestados con la programación y que permite ver unos indicadores del rendimiento de la obra según lo programado y lo presupuestado. A su vez dicho control consigue realizar proyecciones del costo total del proyecto en su final, tomando

como base los indicadores antes señalados. Esto, de manera muy breve y somera, es lo que se conoce como “El método del Valor Ganado (EVM)”.

Dicho método resulta atractivo tanto para el dueño del proyecto como para el constructor, porque ejecutado de forma rigurosa y bajo una dirección y análisis objetivo y real, permite tomar decisiones oportunas que encaminen a un buen término los intereses de ambas partes.

Sin embargo, teniendo en cuenta la problemática expuesta, se enfocará esta aplicación desde la óptica de la ejecución de la obra y de las medidas que allí se tomen para disipar las alarmas tempranas que el Valor Ganado pueda arrojar.

Para esto se requiere ingresar al proyecto y observar su ejecución, su rendimiento, sus prácticas de trabajo, el control de los tiempos, la evaluación de la eficiencia y eficacia en el desarrollo de una actividad cualquiera y los métodos implementados para identificar, cuantificar, registrar y corregir las pérdidas que se presentan en la obra; ya sean pérdidas de tiempo en personal, perdidas por mala planificación de trabajos o perdidas por la falta de control en desperdicios de materiales.

Todo este tema está contenido en lo que hoy se conoce como la “Filosofía del Lean Construction” que es una metodología implementada desde la década de los 50’s por la fábrica TOYOTA en Japón en donde la finalidad era disminuir o eliminar cualquier fuente que pueda generar pérdidas, ya que esto se traducía en menor calidad, menor productividad y un mayor costo. Ya en la década de los 90’s y por la similitud en los procesos industriales con los procesos constructivos se desarrolla dicha filosofía en los proyectos de construcciones civiles, gracias al académico finlandés Laury Koskela<sup>3</sup>.

Pero adicional a esta metodología también se cuenta con el sistema time-cost trade-off, que busca encontrar el punto óptimo en cuanto a tiempo y costo de la ejecución de una actividad. Pero la consecución de la información requerida solo se obtiene de los trabajos correspondientes a cada actividad, que permiten establecer el costo directo y el tiempo requerido para llevar a cabo la ejecución de dicha actividad.<sup>4</sup>

En una investigación realizada en Malasia sobre el uso de métodos de control en proyectos de construcción se encontró que la metodología del Valor Ganado solo se implementaba en mega-proyectos de alta complejidad ya que en proyectos de una magnitud pequeña o mediana se tendría que incurrir en costos y tiempo para la capacitación del personal. Sin embargo se concluyó que esta metodología es ideal para los proyectos de construcción, siendo el sector público el ente que debe promover la aplicación del método para el control de

---

<sup>3</sup> BOTERO Luis Fernando; Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction; LEGIS 2DA EDICIÓN; P 23-24

<sup>4</sup> ANTILL – WOODHEAD- Método de la ruta Crítica y sus aplicaciones en la construcción-LIMUSA NORIEGA EDITORES, P.29

todos los proyectos logrando así, de forma casi automática, que el sector privado lo siga en dicha práctica. En dicha investigación los entrevistados concluyeron que era necesario establecer un diagrama de flujo para facilitar la aplicación del método pero que previo a esto se debía definir si este si era aplicable al proyecto o de lo contrario se buscaba un método apropiado según las características del proyecto.<sup>5</sup>

El diseño de una guía de control que integre el método del Valor Ganado enlazado con un sistema de Optimización de recursos, debe garantizar en la ejecución de un proyecto el cumplimiento de todas las metas establecidas en costos, programación y calidad, incrementado el rendimiento del proyecto, disminuyendo perdidas y permitiendo visualizar con antelación futuros contratiempos y sobrecostos, en donde se visualicen las decisiones sobre cambios, apoyos y mejoras que garanticen el éxito del proyecto.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

- **GESTIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO:**

La gestión de costos del proyecto es la que involucra el estimar, presupuestar y controlar todos los costos necesarios para que el proyecto sea completado, dentro de un presupuesto aprobado.

- **DETERMINACIÓN DE PRESUPUESTO:**

Es el proceso que consiste en sumar todos los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizado.

- **CONTROL DE COSTOS:**

Es el proceso que consiste en monitorear el estado del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar los posibles cambios a la línea base de costo.<sup>6</sup>

- **PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO:**

Es la herramienta que permita visualizar las fechas de inicio y finalización estimadas de una actividad específica, de hitos, paquetes de trabajo y de todo el proyecto en general. Esta información se usa para sumar los costos a los periodos del calendario en los cuales se ha planificado incurrir en dichos costos.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Abdul-Rahman H, Wang C, Muhammad N. Project Performance Monitoring Methods used in Malaysia and Perspectives of Introducing EVA as a Standard Approach. Journal Of Civil Engineering & Management [serial online]. September 2011; 17(3):445-455. Available from: Academic Search Complete, Ipswich, MA.

<sup>6</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK, CUARTA EDICIÓN, GLOBAL STANDAR, PP 165.

<sup>7</sup> *Ibid.* PP 176.

- **GETIÓN DEL VALOR GANADO:**

La gestión del valor ganado es una herramienta que estratégicamente utilizada aumenta el correcto desarrollo del proyecto facilitando la planificación, el control de los costos y el rendimiento esperado en el tiempo estimado para la ejecución del proyecto.

Las prácticas claves para la implementación de esta metodología incluyen:

- a) El establecimiento de una línea base para la medición del rendimiento.
- b) Descomponer los capítulos del proyecto a niveles manejables.
- c) Asignar responsabilidades de gestión sin ambigüedades.
- d) Hacer una correcta selección de las técnicas de medición del EVM, para todas las áreas.
- e) Mantener la estabilidad de la línea base durante todo el proyecto.
- f) Realizar una medición y hacer el análisis de lo ejecutado con la línea base
- g) Hacer un registro del uso de recursos utilizados durante la ejecución del proyecto.
- h) Medir objetivamente el progreso del trabajo físico realizado.
- i) Analizar y prever los costos / programación periódicamente.
- j) Realizar un informe de los problemas presentados en el rendimiento de las actividades y evaluar e implementar las medidas de acción a seguir.<sup>8</sup>

- **ELEMENTOS BÁSICOS DE LA GESTIÓN DEL VALOR GANADO (EVM)<sup>9</sup>**

- a) **VALOR PLANIFICADO:**

El valor Planificado (PV) permite observar el avance que debe llevar el proyecto en cualquier punto dado de la programación. Es un reflejo numérico de los trabajos presupuestados que están programados a ejecutarse, y es la base de referencia o Línea Base de referencia contra la que se mide el progreso real. Una vez establecida esta línea Base, solo se podrá modificar por cambios en el alcance del trabajo a ejecutar, reflejando las modificaciones en costos y programación ocasionados por estos. Al Valor Planificado también se le conoce como el Costo Presupuestado del Trabajo Programado (BCWS por sus siglas en inglés) y su gráfica muestra los recursos acumulados del presupuesto durante la duración del proyecto también conocida como la CURVA S.

---

<sup>8</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PRACTICE STANDARD FOR EARNED VALUE MANAGEMENT, GLOBAL STANDARD, PP 6

<sup>9</sup> En adelante se referenciará la Gestión del Valor Ganado por sus siglas en inglés EVM.

**b) VALOR GANADO (EV):**

El Valor ganado es una fotografía del progreso de los trabajos realizados en un punto dado en el tiempo. También se le conoce como el Costo Presupuestado del Trabajo Realizado (BCWP en inglés), que refleja la cantidad de trabajo que realmente se ha realizado en un periodo de tiempo determinado, expresado con los costos presupuestados para ese trabajo.

**c) COSTO REAL (AC)**

El costo real, también conocido como el Costo Real del Trabajo Realizado (ACWP), indica el nivel de recursos reales que han sido gastados para lograr el trabajo realizado hasta la fecha o en un determinado periodo de tiempo.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PRACTICE STANDARD FOR EARNED VALUE MANAGEMENT, GLOBAL STANDARD, PP 7-8

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Para llevar a cabo el desarrollo de la guía de implementación del método del Valor Ganado se realizó un planteamiento metodológico que inicia con una búsqueda bibliográfica que documenta los procesos de obtención de datos, el desarrollo de la metodología a través de sus fórmulas y por último la presentación de los resultados obtenidos y el análisis de los mismos apoyados en gráficas y en un informe final.

Para el desarrollo de los cuadros se crearon varios formatos preliminares. Inicialmente se creó uno donde se pretendía almacenar toda la información pero debido al gran número de actividades y a la extensión de la programación del proyecto en el cual se iba a implementar, se concluyó que un solo cuadro inicial de entrada y procesamiento de datos se presentaba muy confuso para la realización de un seguimiento detallado. Por tal razón se desarrollaron cuadros para cada proceso, permitiendo observar con mayor orden y claridad la información requerida para el desarrollo del Valor Ganado.

Para la creación del modelo de informe del Valor Ganado, se tomó como base que dicho informe debía ser de solo una hoja de presentación en la cual se logra visualizar toda la información de manera clara y detallada. Esto con el fin de presentar solo la información relevante para el análisis y la toma de decisiones según las alarmas arrojadas por los indicadores del método en las actividades puntualmente detalladas.

#### 3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

La revisión bibliográfica se inició estableciendo unas palabras claves de búsqueda y referencia que permitió enfocar la investigación en la idea original que es la *Guía de implementación del método del Valor Ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras*. Tales palabras fueron:

**PALABRAS CLAVE:** control de proyectos, Valor Ganado, gestión de costos, gerencia de proyectos, medición de rendimientos, índices de costos, curva S, costos planificados, costos reales, varianza de costos, ruta crítica, time cost – trade off, lean construction, last planner.

### **3.2. DESCRIPCIÓN PASO A PASO DE LA GUIA METODOLÓGICA DEL VALOR GANADO**

A continuación se describen cada uno de los procedimientos a seguir para implementación de la guía del método del Valor Ganado en cualquier proyecto de construcción. Para facilitar el desarrollo de los cuadros se toma un ejemplo basado en una obra real cuya información de entrada son el presupuesto con sus análisis unitarios y la programación del proyecto; su modalidad de contrato es por administración delegada y es de gran importancia resaltar este tipo de contratación ya que por su naturaleza, le permite a la supervisión y gerencia del proyecto tener acceso directo a los costos y gastos reales del proyecto. En las obras contratadas por precios unitarios y donde la entidad contratante a través de la supervisión desean aplicar la metodología, se debe adicionar una cláusula contractual especificando la información requerida a la cual se requiere el acceso y la obligación del contratista de proveer datos reales y en el tiempo requerido según los periodos de presentación de los informes.

Es importante resaltar que la implementación de la metodología también es valida en diferentes esquemas de desarrollo de proyectos siempre y cuando se tengan las variables de entrada solicitadas.

#### **3.2.1 Valor Planificado**

El Valor Planificado corresponde al valor estimado en el presupuesto base del proyecto.

##### **PROCEDIMIENTO:**

1. En el cuadro N° 1 se ingresan las actividades con toda la información tomada del presupuesto tales como cantidad presupuestada, valor unitario presupuestado y el valor parcial producto de la cantidad y el valor parcial, pactados en el contrato original y dependiendo de la modalidad de contrato establecido.
2. Posteriormente se distribuye dicho valor en los periodos de tiempo que se vaya a desarrollar el informe, ya sea semanal, quincenal o mensual, tomando como base la programación del proyecto.
3. Se sacan los valores parciales totales por cada periodo.

Ver cuadro N° 1

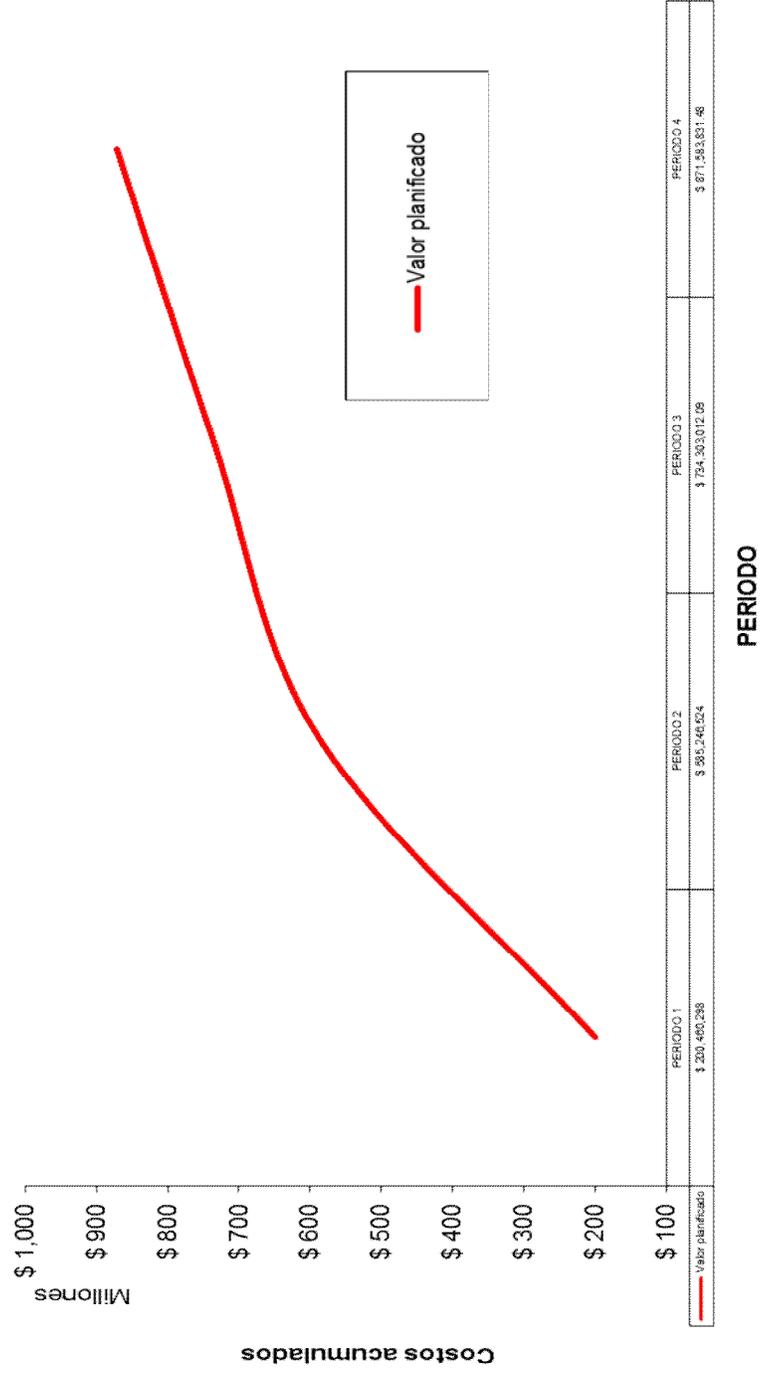
**CUADRO N° 1  
VALOR PLANIFICADO**

**VALOR PLANIFICADO**

E.D.T	ACTIVIDAD	UND.	CANT.	VR. UNIT	VR. PARCIAL	PERIODO 1		PERIODO 2		PERIODO 3		PERIODO 4	
						CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL
<b>1</b>	<b>CEMENTACION</b>												
1.1	EXCAVACION Y RETIRO	M3	1,676.00	\$ 32,537.90	\$ 54,533,520.40	694.20	\$ 22,587,877.58	981.80	\$ 31,946,842.82	0.00		0.00	
1.2	CONCRETO Pobre de Limpieza	M2	560.00	\$ 17,762.39	\$ 9,946,938.40	428.20	\$ 7,605,782.21	131.80	\$ 2,341,156.19	0.00		0.00	
1.3	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	M3	1,117.00	\$ 314,522.30	\$ 351,321,409.10	518.61	\$ 163,114,456.68	468.74	\$ 147,429,225.09	129.65	\$ 40,777,827.86	0.00	
1.4	MUROS DE CONTENCION CONCRETO	M3	166.00	\$ 326,353.30	\$ 55,331,354.40	21.72	\$ 7,152,381.19	146.28	\$ 48,178,973.21	0.00		0.00	
1.5	PLACA CONTRAPISO DE 0.15 CONC.	M2	2,614.00	\$ 46,374.39	\$ 115,984,655.46	0.00		0.00		784.20	\$ 34,788,396.64	1829.80	\$ 1,196,258.82
1.6	PLACA CONTRAPISO DE 0.20 CONC.	M2	225.00	\$ 58,724.39	\$ 13,212,987.75	0.00		0.00		112.50	\$ 6,606,493.88	112.50	\$ 6,606,493.88
1.7	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	80,483.00	\$ 2,015.89	\$ 162,244,874.87	0.00		57405.77	\$ 115,723,710.12	23077.23	\$ 46,521,164.75	0.00	
1.8	MAL LAS ELECTROSOLIDADAS	KG	11,884.00	\$ 2,780.41	\$ 32,886,784.24	0.00		0.00		4745.60	\$ 13,194,713.70	7118.40	\$ 19,792,070.54
<b>2</b>	<b>SOTANO</b>												
<b>2.1</b>	<b>ESTRUCTURA</b>												
2.1.1	COLUMNAS CONC. 4000 PSI	M3	37.70	\$ 438,295.54	\$ 16,523,741.86	0.00		26.40	\$ 11,570,987.24	11.30	\$ 4,952,754.62	0.00	
2.1.2	MUROS EN CONCRETO ESTRUCTURALES	M3	33.90	\$ 560,925.30	\$ 19,015,367.67	0.00		29.87	\$ 16,810,250.57	3.93	\$ 2,205,137.10	0.00	
2.1.3	ESCALERAS EN CONCRETO	M3	15.30	\$ 704,973.30	\$ 10,786,100.67	0.00		15.30	\$ 10,786,100.67			0.00	
2.1.4	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	14,726.00	\$ 2,015.89	\$ 29,685,986.14	0.00		0.00				14726.00	\$ 29,685,986.14
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 871,563,730.96</b>	<b>200,460,297.66</b>	<b>384,786,225.90</b>	<b>149,056,488.54</b>	<b>137,280,819.38</b>				

Figura N° 1 : Curva S – Valor Planificado

Curvas S- Valor Planificado



### **3.2.2 Costo Real:**

Para la determinación del costo real es necesario que toda empresa u organización implemente un sistema de control de costos durante el tiempo de ejecución del proyecto.

En el caso particular de proyectos de construcción este control inicia desde la creación del presupuesto oficial basados en los análisis de precios unitarios y la definición de una programación de obra, presentada no solo en el diagrama Gantt, como se realiza tradicionalmente, sino en los flujos de dinero a invertir periódicamente y por actividad; después el proceso continua con el manejo administrativo en obra desde el control de la requisición de materiales por parte del ingeniero residente, solicitados con base en los análisis unitarios de cada actividad y el adecuado orden y control de la salida de materiales de almacén; para poder cuantificar las cantidades reales de materiales consumidos por actividad y el desperdicio generado y el control del balance general de la obra.

De igual forma es responsabilidad del residente de obra coordinar y asignar la mano de obra que cada actividad requiere así como la herramienta y la maquinaria necesaria.

De esta forma se puede cuantificar el costo real de cada actividad, controlando el consumo que cada actividad ha tenido en un periodo determinado y llevándolo al proceso de cuantificación que se realiza a través del control de costo realizado por la persona encargada.

#### **PROCEDIMIENTO:**

Como se puede observar, el cuadro N° 2 posee una estructura similar a la del cuadro N° 1 pero su diligenciamiento es diferente. Los pasos son los siguientes:

1. Conservando las columnas iniciales de E.D.T, ACTIVIDAD Y UNIDAD según las originales; se procede a ingresar en la columna correspondiente al periodo la cantidad de actividad ejecutada y el costo real de dicha cantidad.
2. En la columna de Cantidad, presentada al lado de la unidad, se van acumulando los valores dados en cada periodo.
3. De igual forma, en la columna de Valor Parcial, también se acumulan los valores dados en cada periodo.

4. La columna del Valor Unitario se compone de la división de los acumulados del Valor Parcial entre la Cantidad. De esta forma se obtiene un Valor Unitario Real por actividad.
5. En la fila de Totales se realiza la sumatoria de los Costos Reales acumulados y por periodo.

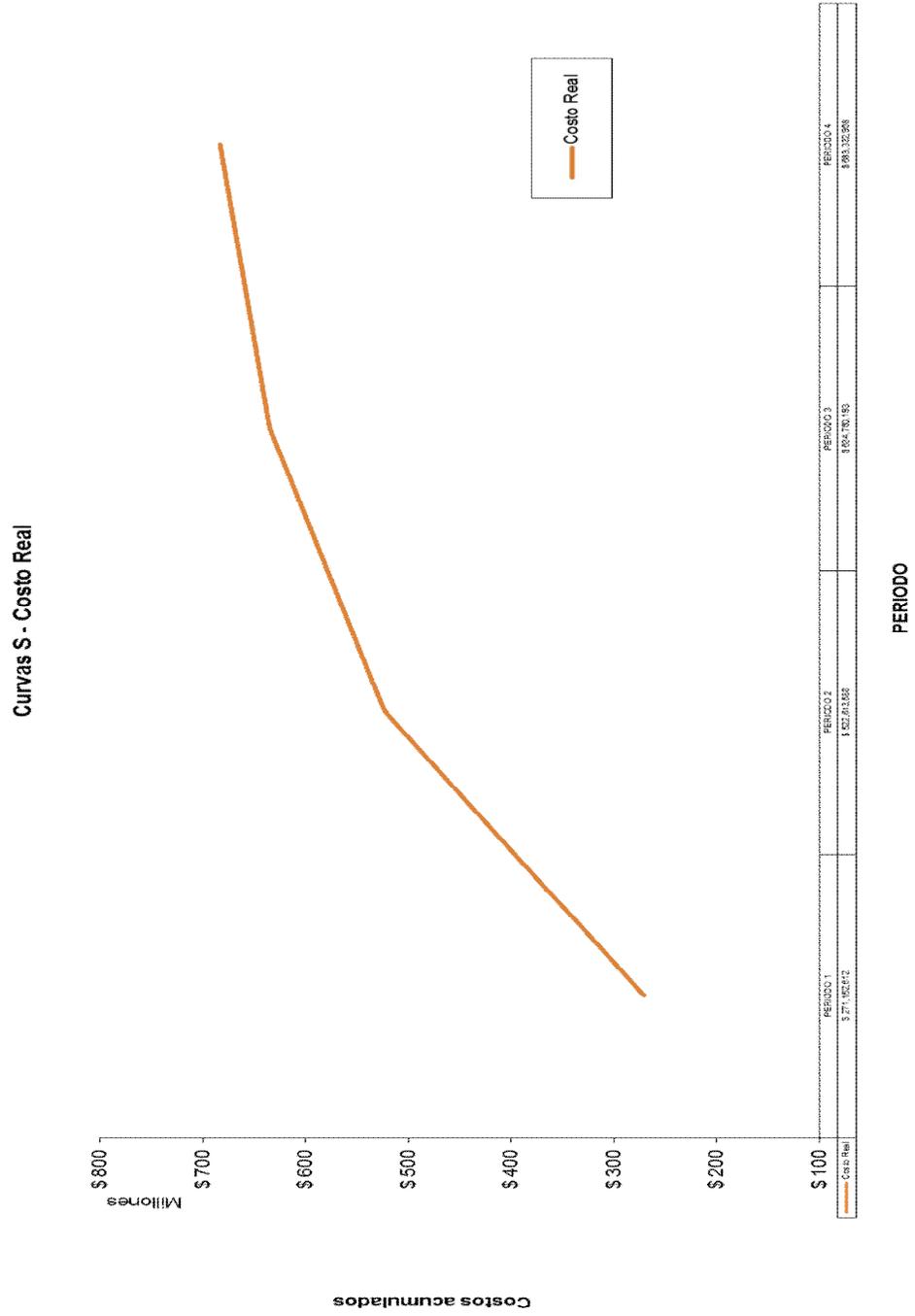
Ver cuadro N° 2

CUADRO N° 2  
VALOR REAL

VALOR REAL

E.D.T	ACTIVIDAD	UND.	CANT.	VR. UNIT	VR. PARCIAL	PERIODO 1		PERIODO 2		PERIODO 3		PERIODO 4	
						CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL
1	CEMENTACION												
1.1	EXCAVACION Y RETIRO	M3	2174.57	\$ 24,267.53	\$ 52,771,448.00	1480.00	\$ 32,778,883.00	354.09	\$ 8,415,044.00	340.48	\$ 10,576,521.00		
1.2	CONCRETO PORRE DE LIMPIEZA	M2	912.77	\$ 18,620.53	\$ 16,996,629.12	591.15	\$ 9,419,013.00	74.40	\$ 3,174,419.00	156.19	\$ 2,843,721.00	88.03	\$ 1,559,476.12
1.3	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	M3	947.55	\$ 307,821.61	\$ 291,676,369.00	491.05	\$ 149,089,413.00	201.80	\$ 64,101,271.00	178.56	\$ 56,831,527.00	76.14	\$ 21,574,157.00
1.4	MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO	M3	127.21	\$ 342,267.61	\$ 43,539,863.00	7.00	\$ 2,594,899.00	88.29	\$ 32,243,788.00	31.92	\$ 8,701,076.00		
1.5	PLACA CONTRAFRISO DE 0.15 C.CONC.	M2	0	# DM/01	\$ 0.00								
1.6	PLACA CONTRAFRISO DE 0.20 C.CONC.	M2	0	# DM/01	\$ 0.00								
1.7	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	63082.5	\$ 2,085.64	\$ 131,525,827.20	35174.20	\$ 77,189,304.00	4320.00	\$ 8,797,895.00	15773.40	\$ 30,086,728.00	7785.90	\$ 15,441,537.20
1.8	MALLAS ELECTRICAS DADAS	KG	0	# DM/01	\$ 0.00								
2	SOTANO												
2.1	ESTRUCTURA												
2.1.1	COLUMNAS CONC. 4000 PSI -	M3	54.72	\$ 450,641.78	\$ 24,659,118.00			54.72	\$ 24,659,118.00				
2.1.2	MUROS EN CONCRETO ESTRUCTURALES	M3	36.16	\$ 652,097.43	\$ 23,579,843.00			36.16	\$ 23,579,843.00				
2.1.3	ESCALERAS EN CONCRETO	M3	16.6	\$ 476,861.59	\$ 7,915,902.33							16.60	\$ 7,915,902.33
2.1.4	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	48885.9	\$ 1,885.55	\$ 90,668,289.20			48810.70	\$ 85,489,535.00	1575.20	\$ 3,097,032.00	900.00	\$ 2,081,702.20
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 683,332,967.85</b>	<b>\$ 271,152,612.00</b>	<b>\$ 251,460,976.00</b>	<b>\$ 112,146,605.00</b>	<b>\$ 48,572,774.85</b>				

Figura N° 2: Curva S – Costo Real



### 3.2.3. Valor Ganado:

Existen varios métodos para determinar el valor ganado ejecutado en un periodo. A continuación se describirán brevemente estos métodos:

#### i. FORMULA FIJA:

El método de la formula fija es el de aplicar porcentajes de ejecución a la actividad y darla por terminada cuando alcance dicho porcentaje. Por ejemplo el 50/50, con este método el 50% de la obra es contada por completo para el periodo de medición en la que inicia el trabajo, independiente de la cantidad de trabajo que se ha realizado realmente. El 50% restante se valora cuando el trabajo se haya finalizado. También se pueden utilizar otras fórmulas como 25/75 o 0/100. Normalmente se utiliza esta medición en tareas de corta duración.

#### ii. PONDERACIÓN POR HITOS:

Consiste en dividir las actividades en segmentos finalizándolos con un hito observable y se le asigna un valor. Esta técnica es adecuada para tareas de gran duración a las que se le pueda medir resultados intermedios tangibles.

#### iii. DIVISIÓN DE ESFUERZOS:

Si una actividad tiene relación directa y es de apoyo a otra actividad que posee su propio valor, el valor de la tarea de apoyo se puede determinar con base en el valor de la actividad ejecutada que sirve como referencia. Se utiliza en actividades de calidad o de inspección.

#### iv. NIVEL DE ESFUERZO:

La técnica es empleada para actividades que no producen resultados tangibles y que pueden ser medidos objetivamente. Estas actividades consumen recursos que deben ser incluidos en la planificación y medición por tanto se asigna un valor previo a cada tarea según el nivel de esfuerzo y este se toma como valor ganado para el periodo de medición.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PRACTICE STANDARD FOR EARNED VALUE MANAGEMENT, GLOBAL STANDARD, P 11

**v. PORCENTAJE COMPLETADO:**

Esta es la más utilizada y consiste en medir el porcentaje realmente ejecutado de cada actividad para un periodo determinado, en cuyo caso las cantidades del valor ganado deben ser las mismas a la del valor real, y se cuantificará con el valor inicialmente presupuestado. (Ver cuadro N° 3)

**PROCEDIMIENTO:**

1. Las columnas iniciales de EDT, ACTIVIDAD, UNIDAD Y VALOR UNITARIO; corresponderán a las mismas del VALOR PLANIFICADO (Cuadro N° 1).
2. Las columnas de las CANTIDADES POR PERIODO, corresponderán a las mismas del VALOR REAL (Cuadro N° 2).
3. Las columnas del VALOR PARCIAL POR PERIODO, corresponden al producto entre la CANTIDAD DEL PERIODO y el VALOR UNITARIO.
4. La columna de CANTIDAD, es la suma de las CANTIDADES POR PERIODO.
5. El VALOR PARCIAL es el producto de la CANTIDAD y el VALOR UNITARIO.
6. Por último los totales son la sumatoria por periodos y del cuadro general.

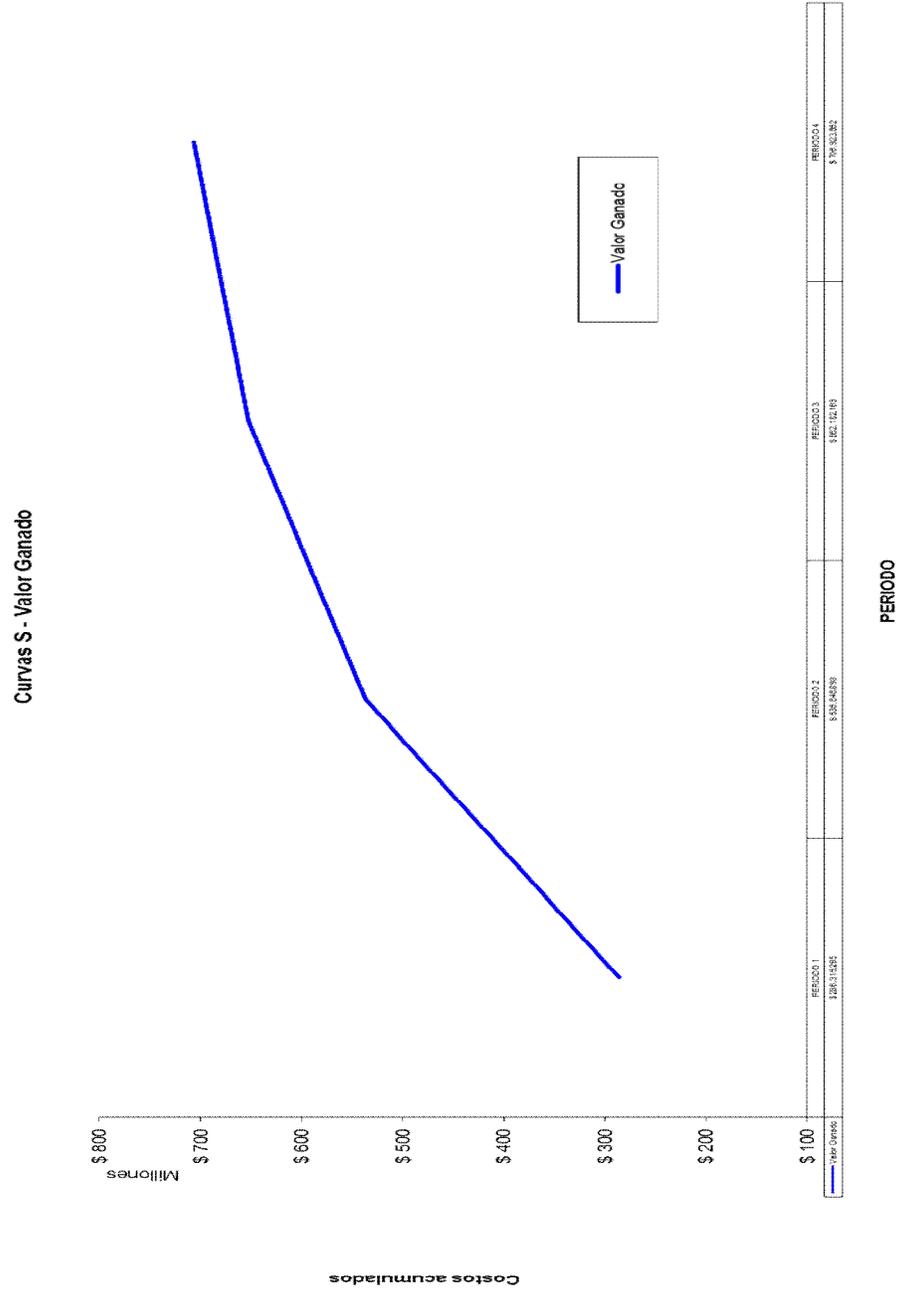
Ver Cuadro N° 3

CUADRO N° 3  
VALOR GANADO

VALOR GANADO

E.D.T	ACTIVIDAD	UND.	CANT.	VR. UNIT	PERIODO 1		PERIODO 2		PERIODO 3		PERIODO 4		
					CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	CANT.	VR. PARCIAL	
1	CEMENTACION												
1.1	EXCAVACION Y RETIRO	M3	2174.67	\$ 32.637,90	\$ 70.755.941,20	1480,00	\$ 48.156.092,00	354,09	\$ 11.521.345,01	340,48	\$ 11.078.504,19	0,00	\$ 0,00
1.2	CONCRETO PÓBRE DE LIMPIEZA	M2	912,77	\$ 17.762,39	\$ 16.212.976,72	591,15	\$ 10.500.236,85	74,40	\$ 1.321.521,82	158,19	\$ 2.809.832,47	89,03	\$ 1.581.385,58
1.3	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	M3	947,55	\$ 314.522,30	\$ 298.025.605,37	491,05	\$ 154.446.175,42	201,80	\$ 63.470.600,14	178,56	\$ 56.161.101,89	76,14	\$ 23.947.727,92
1.4	MUROS DE CONTENCION CONCRETO.	M3	127,21	\$ 329.353,30	\$ 41.897.033,29	7,00	\$ 2.305.473,10	88,29	\$ 29.078.602,86	31,92	\$ 10.512.957,34	0,00	\$ 0,00
1.5	PLACA CONTRAPISO DE 0,15 CONC.	M2	0	\$ 44.374,39	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00
1.6	PLACA CONTRAPISO DE 0,20 CONC.	M2	0	\$ 58.724,39	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00
1.7	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	63082,5	\$ 2.015,89	\$ 127.127.063,13	35174,20	\$ 70.907.318,04	4329,00	\$ 8.726.787,81	15773,40	\$ 31.797.439,33	7765,90	\$ 15.695.517,05
1.8	MALLAS ELECTROSOLDADAS	KG	0	\$ 2.1789,41	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00
2	SOTANO												
2.1	ESTRUCTURA												
2.1.1	COLUMNAS CONC. 4000 PSI.	M3	54,72	\$ 438.295,54	\$ 23.983.531,95	0,00	\$ 0,00	54,72	\$ 23.983.531,95	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00
2.1.2	MUROS EN CONCRETO ESTRUCTURALES	M3	36,16	\$ 560.925,30	\$ 20.285.068,65	0,00	\$ 0,00	36,16	\$ 20.285.068,65	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00
2.1.3	ESCALERAS EN CONCRETO.	M3	16,6	\$ 704.873,90	\$ 11.702.566,74	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	0,00	\$ 0,00	16,60	\$ 11.702.566,74
2.1.4	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	48085,9	\$ 2.015,89	\$ 96.935.894,95	0,00	\$ 0,00	45610,70	\$ 91.946.154,02	1575,20	\$ 3.175.429,93	900,00	\$ 1.814.301,00
	TOTAL			\$ 706.923.662,19	\$ 286.315.295,40		\$ 250.331.602,45		\$ 115.535.265,14		\$ 54.741.489,19		

Figura N° 3: Curva S – Valor Ganado



### 3.2.4. Indicadores de Varianza y Proyecciones:

Después de ingresados los tres datos de entrada base, Valor Planificado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Real (AC); se procede a utilizar esta información para determinar cual es el estado del proyecto tomando en cuenta los datos acumulados periódicamente, según la programación y el presupuesto; y proporcionar una base para la estimación en tiempo y costos hacia el final del proyecto. Ver formula en Cuadro N° 5

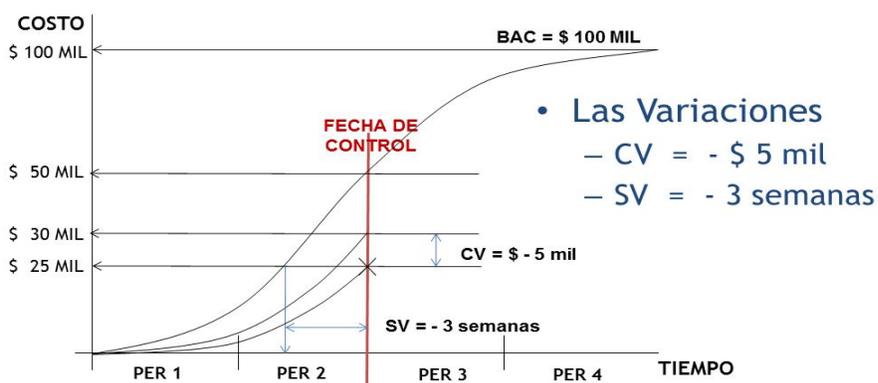
#### VARIACIÓN DE CRONOGRAMA (SV)

Es la medida del desempeño del cronograma en un proyecto y es igual al Valor ganado (EV) menos el Valor Planificado (PV). Esta variación es útil ya que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma. La SV finalmente será cero cuando el proyecto sea completado.<sup>12</sup> Ver formula en Cuadro N° 5

#### VARIACIÓN DEL COSTO (CV)

Es la medida del desempeño del costo en un proyecto y es igual al Valor Ganado (EV) menos los Costos Reales (AC). La variación del costo al final del proyecto es la diferencia entre el presupuesto a la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada. Esta variación es particularmente crítica porque es la relación del desempeño real y los costos gastados. Una CV negativa con frecuencia no es recuperable para el proyecto.<sup>13</sup> Ver formula en Cuadro N° 5

Figura N° 4: Variaciones



<sup>12</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK, CUARTA EDICIÓN, GLOBAL STANDARD.

<sup>13</sup> Ibíd

### **INDICE DEL DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI)**

Es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado. Un valor de SPI inferior a 1.0 indica que la cantidad de trabajo efectuada es menor a la prevista. Un valor de SPI superior a 1.0 indica que el trabajo realizado es mayor que el planificado.<sup>14</sup> Ver formula en Cuadro N° 5

### **INDICE DEL DESEMPEÑO DEL COSTO (CPI)**

Es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance reales del proyecto. Es considerado el índice más importante del EVM y mide la eficacia de la gestión del costo para el trabajo completado. Un CPI inferior a 1.0 indica un sobrecosto del trabajo completado y un CPI superior a 1.0 es un costo inferior con relación al desempeño a la fecha.<sup>15</sup> Ver formula en Cuadro N° 5

### **INDICE DE DESEMPEÑO DEL TRABAJO POR COMPLETAR (TCPI)**

Es la proyección calculada del desempeño del costo que debe lograrse para el trabajo faltante con el propósito de cumplir con una meta específica tal como el BAC. Ver formula en Cuadro N° 5

### **TIEMPO ESTIMADO PARA FINALIZACIÓN (EACT)**

Utilizando el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y el Valor Planificado (PV) por unidad de tiempo, se puede generar una estimación aproximada del tiempo faltante para completar el proyecto, si se continúa con las tendencias actuales. Es importante señalar que esta aproximación se debe comparar con lo reflejado en el método de programación aplicado en el proyecto.<sup>16</sup> Ver formula en Cuadro N° 5

### **ESTIMACIÓN PARA LA FINALIZACIÓN (EAC)**

Es la estimación del costo final del proyecto si se continua con las tendencias actuales de rendimiento. Ver formula en Cuadro N° 5

---

<sup>14</sup> Ibid

<sup>15</sup> Ibid.

<sup>16</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE; Practice standard for earned value management; Global standard; P 17

- **EAC1: PROYECCION DEL EAC BASADO EN EL TRABAJO CORRESPONDIENTE A LA ETC, REALIZADO SEGÚN LA PROPORCIÓN PRESUPUESTADA:**

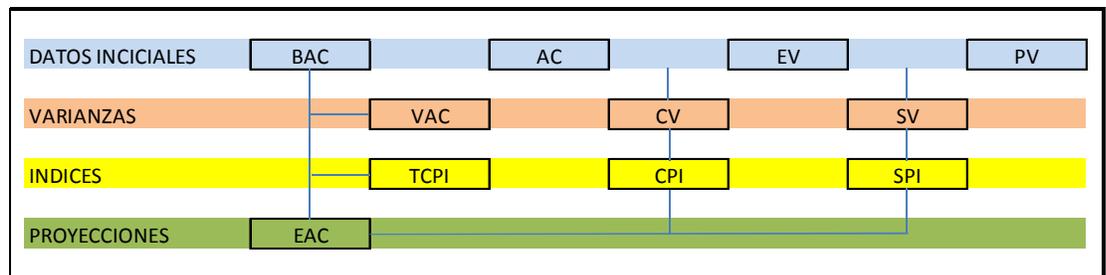
Este método de EAC toma en cuenta el desempeño real del proyecto a la fecha, tal y como lo muestran los costos reales, y prevé que el trabajo según el Costo Estimado para la Finalización (ETC) se lleve a cabo según lo presupuestado.

- **EAC2: PROYECCION DE LA EAC BASADO EN EL TRABAJO CORRESPONDIENTE A LA ETC, REALIZADO SEGÚN EL CPI ACTUAL:**

Este método supone que se espera que lo que el proyecto ha experimentado a la fecha continúe en el futuro, se supone que el trabajo correspondiente a la ETC se realizará según el mismo índice de desempeño del costo (CPI) que se tiene a la fecha.<sup>17</sup>

### VARIACIÓN DEL COSTO A LA TERMINACIÓN (VAC)

Con el análisis del EAC a la mano, ahora se puede calcular si se finalizará el proyecto por encima o por debajo del presupuesto, restando la EAC del BAC. Ver fórmula en Cuadro N° 5



Cuadro N° 4 Medición de rendimientos

Fuente: Practice Standard for Earns Value Management (PMI)

<sup>17</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK, CUARTA EDICIÓN, GLOBAL STANDARD.

## **PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DEL CUADRO GENERAL DE INDICADORES:**

1. Al inicio del proyecto se alimenta este cuadro con los costos totales programados periódicamente arrojados en el cuadro N° 1
2. En cada periodo de corte del informe del EVM alimentan las casillas blancas con los datos totales arrojados en los cuadros N° 2 y 3 del costo real y valor ganado, respectivamente.
3. Las filas de Valor Planificado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Real (AC) que figuran en color verde, corresponden al acumulado del periodo actual más los periodos anteriores de estos datos de entrada.
4. Los índices, proyecciones y variaciones que figuran a continuación y que fueron definidas anteriormente, se desarrollan según la formula indicada en el costado izquierdo. Para el EAC es importante considerar la formula a escoger según el estado del proyecto, tal y como se describió en la definición de esta proyección.

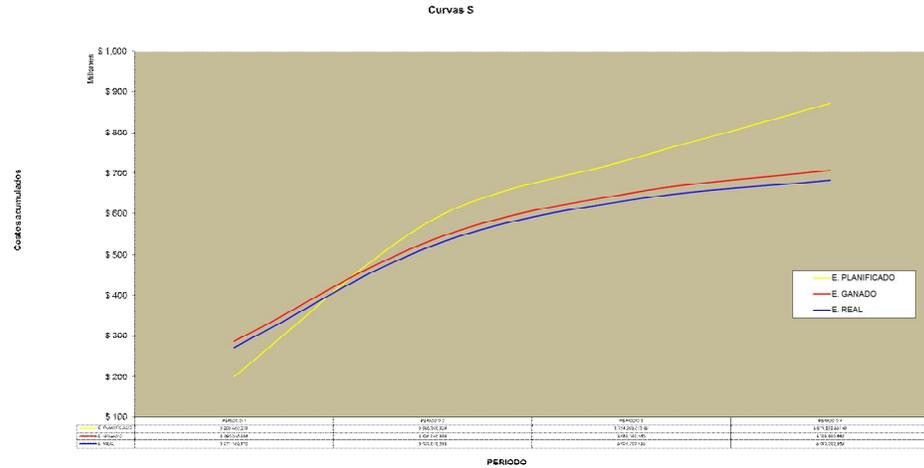
Ver cuadro N° 5

**CUADRO N° 5  
RESUMEN GENERAL DE INDICADORES**

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (BAC)</b>		<b>\$ 871,583,731</b>			
<b>Duración (periodos)</b>		<b>4</b>			
<b>Mes</b>	<b>PERIODO 1</b>	<b>PERIODO 2</b>	<b>PERIODO 3</b>	<b>PERIODO 4</b>	
Valor Planificado	\$ 200,460,298	\$ 384,786,226	\$ 149,056,489	\$ 137,280,819	
Valor Ganado	\$ 286,315,295	\$ 250,331,602	\$ 115,535,265	\$ 54,741,499	
Valor Real	\$ 271,152,612	\$ 251,460,976	\$ 112,146,605	\$ 48,572,775	
Valor presupuestado	\$ 200,460,298	\$ 585,246,524	\$ 734,303,012,09	\$ 871,583,831,48	
Valor Ganado	\$ 286,315,295	\$ 536,646,898	\$ 652,182,163	\$ 706,923,662	
Costo Real	\$ 271,152,612	\$ 522,613,588	\$ 634,760,193	\$ 683,332,968	
Varianza de Costo	CV= EV - AC	\$ 14,033,310	\$ 17,421,970	\$ 23,590,694	
Varianza de Programa	SV= EV - PV	\$ 85,854,998	-\$ 48,599,626	-\$ 164,660,169	
Indice de desempeño del costo	CPI= EV / AC	<b>1.06</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	
Indice de desempeño de programación	SPI= EV / PV	<b>1.43</b>	<b>0.92</b>	<b>0.81</b>	
Costo estimado para completar el trabajo	ETC= (BAC - EV)/CPI	\$ 554,273,794	\$ 326,178,239	\$ 213,540,617	
Indice de desempeño del trabajo por completar	TCPI= (BAC - EV)/(BAC - AC)	0.9747	0.9598	0.9264	
Porcentaje de terminación del proyecto	PCIB= EV / BAC	32.85%	61.57%	74.83%	
Proyección de la estimación a la conclusión	EAC1= AC + BAC - EV	\$ 856,421,048	\$ 857,550,421	\$ 854,161,761	
	EAC2= BAC / CPI	\$ 825,426,406	\$ 848,791,827	\$ 848,300,810	
	EAC(1)= (BAC / SPI) / (BAC / # PERIODOS)	2.80	3.27	2.25	
Variación de costo a la terminación	VAC= BAC - EAC	\$ 46,157,325	\$ 22,791,904	\$ 23,282,921	
				\$ 29,085,553	

### 3.2.5 Gráficos de Seguimiento:

Figura 1: Curvas S (valor planificado, valor ganado y valor real)

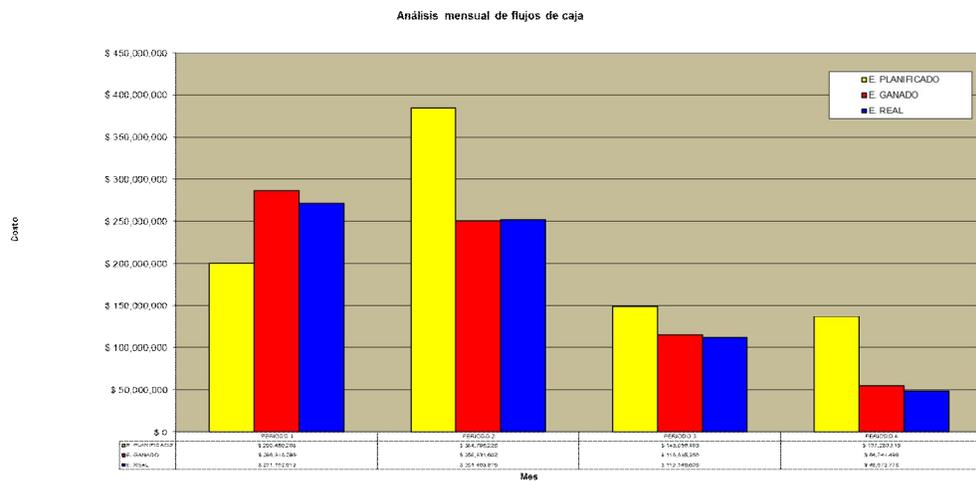


Esta gráfica muestra las curvas S formadas por los valores acumulados de los Costos Planificados, Valor Ganado y Costo Real. En ella se puede observar el avance de lo que se ha ejecutado en un periodo específico, comparado con lo que se debía ejecutar en ese mismo periodo y a que costo se está realizando la obra.

Si la curva del Valor Planificado está por encima del Valor Ganado significa que la obra no ha ejecutado lo requerido en la programación y si la curva del Valor Ganado está por encima del Valor Planificado, esta indicando que se ha realizado más obra que la que se tenía programada en ese corte.

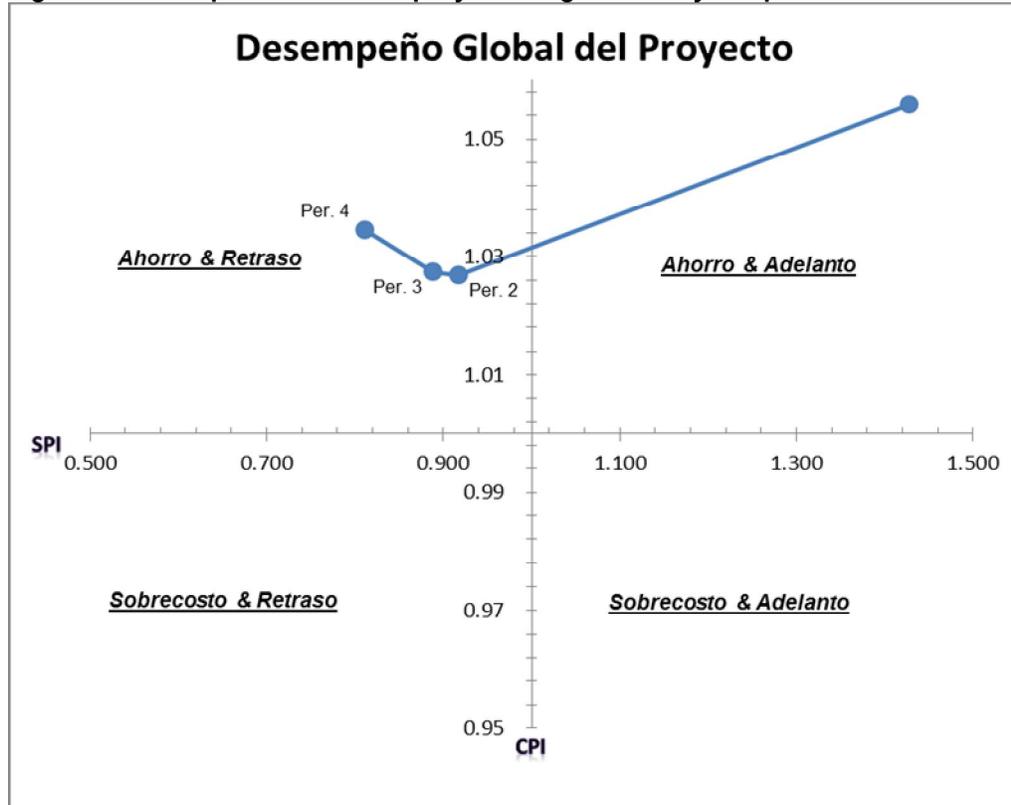
De igual forma se puede comparar la curva del Costo Real con la del Valor Ganado y se puede establecer si los costos de las actividades son mayores o menores que los presupuestados.

Figura 2: Análisis periódico de flujos



Esta gráfica muestra un análisis puntual de cada periodo, permitiendo comparar la inversión programada en un periodo dado, respecto a lo ejecutado y a el costo real del mismo.

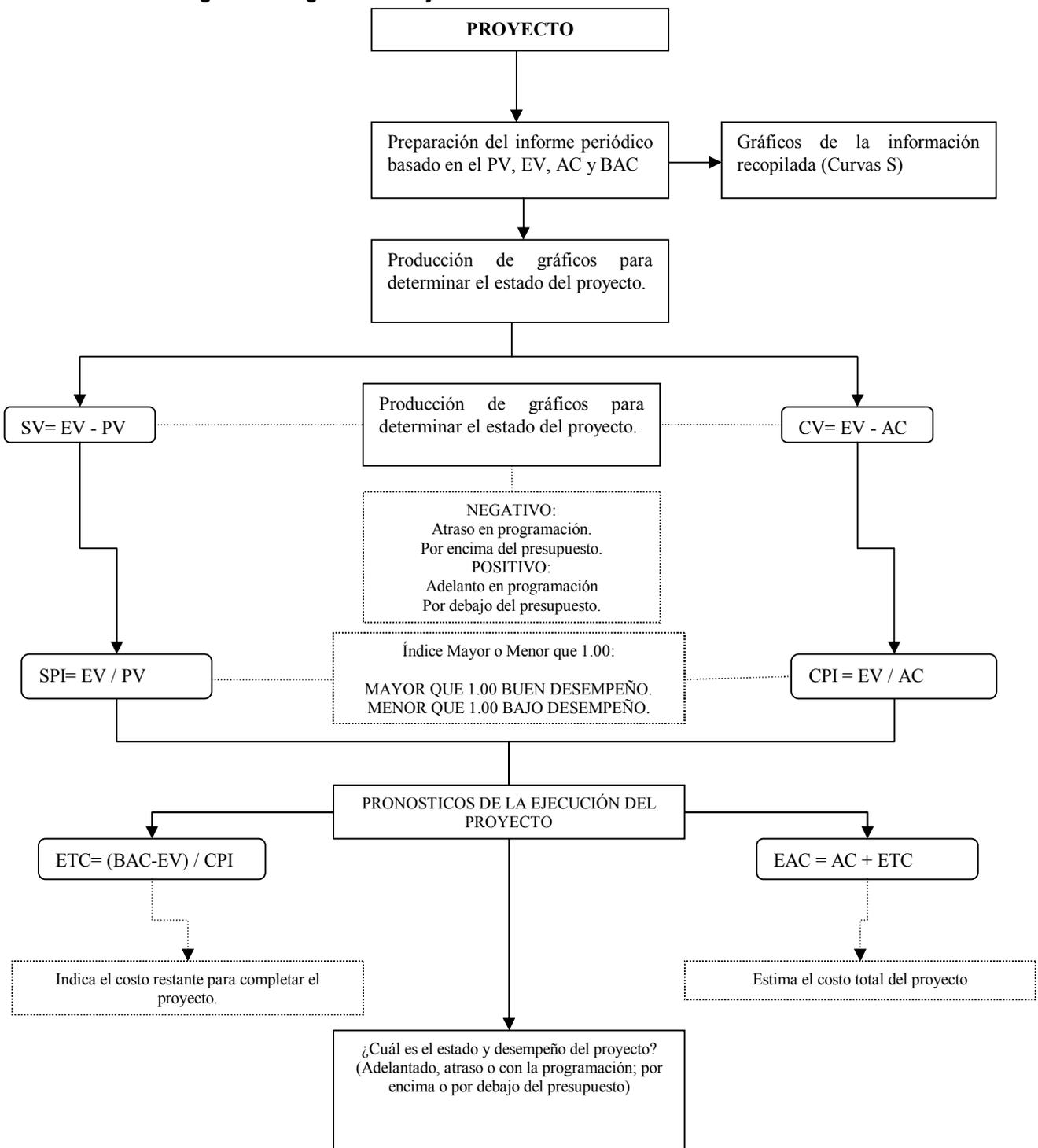
**Figura 3: Desempeño Global del proyecto según el CPI y SPI por método radial**



Fuente: Construction extension to the PMBOK Guide Third Edition (second edition)

Esta gráfica permite hacerle seguimiento al proyecto a través de los índices de desempeño de programación (SPI) y de costo (CPI). La gráfica permite identificar de manera rápida y en cualquier etapa del proyecto su estado, ubicando la coordenada resultante entre el CPI como eje (Y) y el SPI como eje (X) y según el cuadrante en donde se ubique el punto del periodo se puede establecer si la obra presenta adelanto o atraso en programación a su vez que si está por encima o por debajo del presupuesto, tal y como se indica en la figura 3.

**Figura 4: Diagrama de flujo del desarrollo de la EVM**



Fuente: Project Performance Monitoring Methods used in Malaysia and Perspectives of Introducing EVA as a Standard Approach. Journal Of Civil Engineering & Management [serial online]. September 2011; 17(3):445-455. Available from: Academic Search Complete, Ipswich, MA.

### 3.2.6 Análisis Por Actividades

La base del éxito que puede tener la aplicación de la metodología del Valor Ganado está en la veracidad de los datos de entrada iniciales y periódicos. El análisis de esta información permite identificar las actividades críticas en un periodo determinado, no solo en programación, sino en términos de costos.

A continuación se referencia un cuadro de clasificación de las actividades según el costo al que fueron ejecutadas.

#### PROCEDIMIENTO:

1. Se crea un cuadro con la información básica por actividad tal como EDT, ACTIVIDAD, UNIDAD y el Valor Unitario Planificado, que corresponde al del presupuesto inicial.
2. Se agrega una columna correspondiente al Valor Real que cada actividad ha tenido en el periodo. Este valor se toma del Cuadro N° 2.
3. Se crea una columna de valorización de la actividad. Esta columna es la diferencia entre el Valor Real y el Valor Planificado.
4. Se clasifica la valoración de cada actividad según su resultado, si el valor planificado es mayor que el valor real y el resultado de la valoración es negativo se dice que la ejecución de la actividad está presentado un *ahorro* y si es el caso contrario, un *sobrecosto*. Para esto se puede emplear una fórmula que clasifica el resultado; en el cuadro de ejemplo señalado a continuación se aplicó la siguiente formula, siendo la columna E4 la del Valor Real y la columna F4 el Valor Planificado: **=+SI(E4>F4,"AHORRO","SOBRECOSTO")**
5. Por último se ordenan los datos como se requiera la información, desde la actividad que está generando más sobrecostos o la que está saliendo más económica.

Ver Cuadro N° 6

**CUADRO N° 6**  
**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS POR ACTIVIDADES**

EDT	ACTIVIDAD	UND	PRECIO UNITARIO PLANIFICADO	PRECIO UNITARIO REAL	ANALISIS	VALORACIÓN
2.1.3	ESCALERAS EN CONCRETO.	M3	\$ 704,973.90	\$ 476,861.59	AHORRO	-\$ 228,112.31
1.1	EXCAVACION Y RETIRO	M3	\$ 32,537.90	\$ 24,267.53	AHORRO	-\$ 8,270.37
1.3	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	M3	\$ 314,522.30	\$ 307,821.61	AHORRO	-\$ 6,700.69
2.1.4	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	\$ 2,015.89	\$ 1,885.55	AHORRO	-\$ 130.34
1.7	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	\$ 2,015.89	\$ 2,085.64	SOBRECOSTO	\$ 69.75
1.2	CONCRETO POBRE DE LIMPIEZA	M2	\$ 17,762.39	\$ 18,620.93	SOBRECOSTO	\$ 858.54
2.1.1	COLUMNAS CONC. 4000 PSI -	M3	\$ 438,295.54	\$ 450,641.78	SOBRECOSTO	\$ 12,346.24
1.4	MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO	M3	\$ 329,353.30	\$ 342,267.61	SOBRECOSTO	\$ 12,914.31
2.1.2	MUROS EN CONCRETO ESTRUCTURA	M3	\$ 560,925.30	\$ 652,097.43	SOBRECOSTO	\$ 91,172.13
1.5	PLACA CONTRAPISO DE 0.15. CONC.	M2	\$ 44,374.39	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
1.6	PLACA CONTRAPISO DE 0.20. CONC.	M2	\$ 58,724.39	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
1.8	MALLAS ELECTROSOLIDADAS	KG	\$ 2,780.41	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE INFORME PERIODICO**

Lo más importante del informe que se relaciona a continuación es poder presentar en una máximo de 2 hojas, un resumen visual de lo que acontece en el proyecto.

#### **DESCRIPCIÓN:**

1. El cuadro inicial responde al resumen de toda la información de entrada y de salida De la metodología del Valor Ganado aplicada al proyecto.
2. A continuación se relaciona gráficamente el estado del proyecto con las gráficas de Curvas S, análisis periódicos de flujos de caja y el gráfico radial del SPI – CPI en los distintos periodos. La interpretación de estas gráficas obedece a lo explicado anteriormente.
3. El cuadro siguiente es la presentación de las actividades de mayor relevancia en cuanto a costos se refiere, según su comportamiento en obra.
4. El cuadro de Análisis Tiempo – Costo muestra los datos de entrada de la obra tales como la fecha de inicio y el valor inicial presupuestado, confrontados con los indicadores del tiempo y costo estimados para finalizar el proyecto, y las fechas y valores finales según estas varianzas.
5. Para finalizar se presenta un cuadro de observaciones en donde se consignan las principales conclusiones de la metodología, problemas, inconvenientes y los diversos aspectos, tanto positivos como negativos que con la aplicación del Valor ganado se pueden encontrar y mejorar en la obra.

Ver Cuadro N° 7

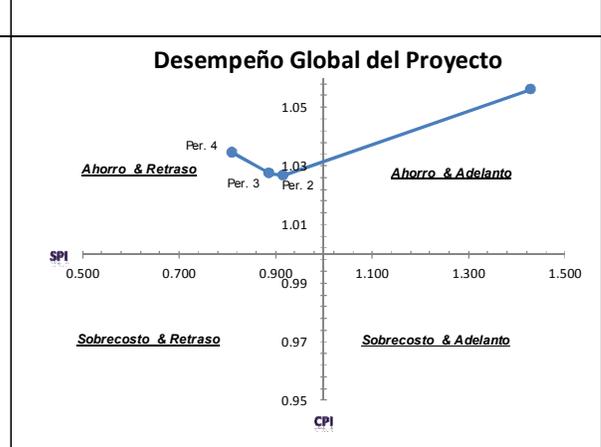
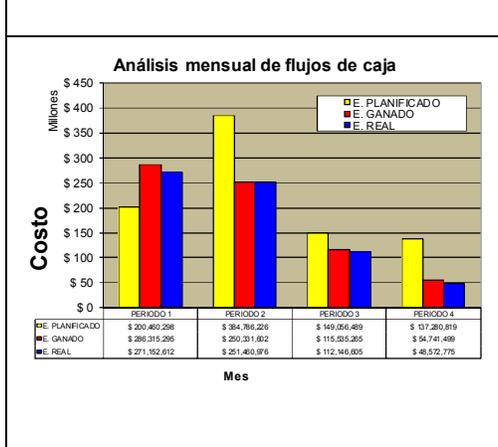
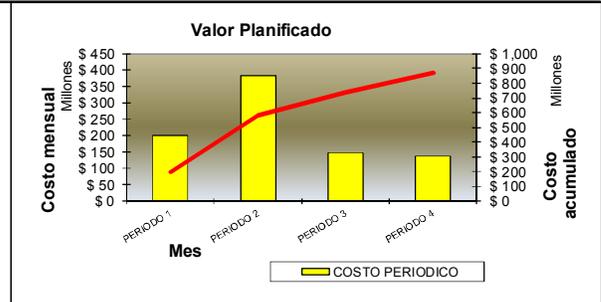
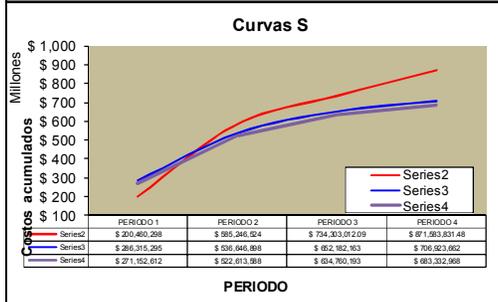
**CUADRO N° 7**  
**MODELO DE INFORME PERIODICO DEL VALOR GANADO (HOJA1 DE 2)**

		<b>INFORME PERIODICO DEL VALOR GANADO</b>	
		NOMBRE DEL PROYECTO	
PERIODO:	PERIODO N° 003	CONTRATISTA:	
CONTRATANTE:		DIRECTOR DE OBRA:	
GERENTE DE PROYECTOS:		RESIDENTE DE OBRA:	
SUPERVISOR O INTERVENTOR:		RESIDENTE SUPERVISOR:	

CUADRO RESUMEN				
DATOS DE ENTRADA				
Mes	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4
Valor Planificado	\$ 200,460,298	\$ 384,786,226	\$ 149,056,489	\$ 137,280,819
Valor Ganado	\$ 286,315,295	\$ 250,331,602	\$ 115,535,265	\$ 54,741,499
Valor Real	\$ 271,152,612	\$ 251,460,976	\$ 112,146,605	\$ 48,572,775

CUADRO DE FORMULAS						
Valor presupuestado	PV	\$ 200,460,298	\$ 585,246,524	\$ 734,303,012.09	\$ 871,583,831.48	
Valor Ganado	EV	\$ 286,315,295	\$ 536,646,898	\$ 652,182,163	\$ 706,923,662	
Costo Real	AC	\$ 271,152,612	\$ 522,613,588	\$ 634,760,193	\$ 683,332,968	
Varianza de Costo	CV	CV = EV - AC	\$ 15,162,683	\$ 14,033,310	\$ 17,421,970	\$ 23,590,694
Varianza de Programa	SV	SV = EV - PV	\$ 85,854,998	-\$ 48,599,626	-\$ 82,120,849	-\$ 164,660,169
Indice de desempeño del costo	CPI	CPI = EV / AC	1.06	1.03	1.03	1.03
Indice de desempeño de programación	SPI	SPI = EV / PV	1.43	0.92	0.89	0.81
Costo estimado para completar el trabajo	ETC	ETC = (BAC - EV) / CPI	\$ 554,273,794	\$ 326,178,239	\$ 213,540,617	\$ 159,165,210
Indice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)	0.9747	0.9598	0.9264	0.8747
Porcentaje de terminación del proyecto	PCIB	PCIB = EV / BAC	32.85%	61.57%	74.83%	81.11%
Proyeccion de la estimación a la conclusión	EAC	EAC = AC + BAC - EV	\$ 856,421,048	\$ 857,550,421	\$ 854,161,761	\$ 847,993,037
		EAC2 = BAC / CPI	\$ 825,426,406	\$ 848,791,827	\$ 848,300,810	\$ 842,498,178
		EAC(t) = (BAC / SPI) / (BAC / # PERIODOS)	2.80	3.27	2.25	1.23
Variación de costo a la terminación	VAC	VAC = BAC - EAC	\$ 46,157,325	\$ 22,791,904	\$ 23,282,921	\$ 29,085,553

**ANÁLISIS GRÁFICOS**



MODELO DE INFORME PERIODICO DEL VALOR GANADO (HOJA 2 DE 2)

ANALISIS DE UNITARIOS POR ACTIVIDAD						
EDT	ACTIVIDAD	UND	PRECIO UNITARIO PLANIFICADO	PRECIO UNITARIO REAL	ANALISIS	VALORACIÓN
<b>1</b>	<b>CIMENTACION</b>					
2.1.3	ESCALERAS EN CONCRETO.	M3	\$ 704,973.90	\$ 476,861.59	AHORRO	-\$ 228,112.31
1.1	EXCAVACION Y RETIRO	M3	\$ 32,537.90	\$ 24,267.53	AHORRO	-\$ 8,270.37
1.3	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION	M3	\$ 314,522.30	\$ 307,821.61	AHORRO	-\$ 6,700.69
2.1.4	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	\$ 2,015.89	\$ 1,885.55	AHORRO	-\$ 130.34
1.7	ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	\$ 2,015.89	\$ 2,085.64	SOBRECOSTO	\$ 69.75
1.2	CONCRETO POBRE DE LIMPIEZA	M2	\$ 17,762.39	\$ 18,620.93	SOBRECOSTO	\$ 858.54
2.1.1	COLUMNAS CONC. 4000 PSI -	M3	\$ 438,295.54	\$ 450,641.78	SOBRECOSTO	\$ 12,346.24
1.4	MUROS DE CONTENCION CONCRETO	M3	\$ 329,353.30	\$ 342,267.61	SOBRECOSTO	\$ 12,914.31
<b>2</b>	<b>SOTANO</b>					
<b>2.1</b>	<b>ESTRUCTURA</b>					
2.1.2	MUROS EN CONCRETO ESTRUCTURA	M3	\$ 560,925.30	\$ 652,097.43	SOBRECOSTO	\$ 91,172.13
1.5	PLACA CONTRAPISO DE 0.15. CONC.	M2	\$ 44,374.39	#! DIV/O!	#! DIV/O!	#! DIV/O!
1.6	PLACA CONTRAPISO DE 0.20. CONC.	M2	\$ 58,724.39	#! DIV/O!	#! DIV/O!	#! DIV/O!
1.8	MALLAS ELECTROSOLDADAS	KG	\$ 2,780.41	#! DIV/O!	#! DIV/O!	#! DIV/O!

ANALISIS TIEMPO - COSTO					
FECHA INICIO DEL PROYECTO:	ENERO 15 DE 2011	TIEMPO RESTANTE FINALIZACIÓN (EAC t) :	2.25 MESES	FECHA FINALIZACIÓN PROGRAMADA	MAYO 15 DE 2011
				FECHA FINALIZACIÓN PROYECTADA	JULIO 8 DE 2011
COSTO INICIAL PRESUPUESTADO (BAC):	\$ 871,583,731	COSTO ESTIMADO TERMINACIÓN PARA (ETC)	\$ 213,540,617.21	COSTO FINAL (EAC1):	\$ 854,161,760.96

OBSERVACIONES:
Para el ejemplo, utilizamos los datos del periodo N° 003
el periodo presenta un ahorro en la ejecución del proyecto tal y como lo indica el CPI, pero un atraso en programación según el SPI.

#### **4. DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL METODO TIME-COST TRADE-OFF EN ACTIVIDADES CRÍTICAS.**

En esta fase del trabajo se ha descrito en forma práctica y breve la implementación de la Metodología del Valor Ganado a través de unos cuadros, que de manera organizada y planificada, permiten ver como se ha desarrollado el proyecto en su ejecución presupuestal y de programación y a su vez proyecten cual será el costo final si se continua a este ritmo y cuánto tiempo durará la ejecución del proyecto.

En el proceso de información de los cuadros ya desarrollados también se pueden identificar las actividades que se han ejecutado con un sobrecosto o a un menor valor de lo inicialmente presupuestado, y si se cruza esta información con el seguimiento de la programación en la identificación de la ruta crítica del proyecto, se puede clasificar las actividades que ameritan ser analizadas en una curva de tiempo – costo para identificar cual es el punto óptimo de ejecución de dicha actividad a nivel del tiempo que se ha ejecutado con relación al costo que ha generado la misma.

Pero este problema posee infinitas soluciones ya que si el tiempo de ejecución no fuera relevante, dicha actividad se ejecutaría de forma que el costo directo fuera el más bajo. Y si el costo no fuera importante, la actividad se podría acelerar con el fin de terminarse lo más pronto posible.

El acelerar el proceso de ejecución incrementa el costo de la actividad y reduce su tiempo, pero esto de nada sirve si la actividad analizada no se encuentra dentro de la ruta crítica del proyecto, ya que no se reduciría el tiempo total de la obra.<sup>18</sup> y para esto es indispensable conocer las holguras libres e interferentes para así identificar la actividad o actividades a optimizar.

Todos los costos varían con el tiempo y los costos directos disminuyen si hay más tiempo disponible para la ejecución de la actividad, pero sucede a la inversa con los costos indirecto ya que estos aumentan con el tiempo y es el equilibrio correcto entre el tiempo y el costo lo que da la solución óptima.<sup>19</sup>

Los datos del tiempo – costo son la información detallada que se obtiene de la estimación de los trabajos correspondientes a cada actividad y deben mostrar el costo directo y el tiempo requerido para cada forma posible de ejecución de la misma. Con esta información se puede determinar el costo óptimo y la duración óptima del proyecto

---

<sup>18</sup> ANTILL – WOODHEAD- Método de la ruta Crítica y sus aplicaciones en la construcción-LIMUSA NORIEGA EDITORES, P.18

<sup>19</sup> Ibid, P18

y esta solución se debe hallar en algún punto entre los extremos de la solución del costo mínimo y la del tiempo mínimo a la que se le denomina *solución normal* y es la que da el tiempo necesario para completar la actividad a un costo directo lo más bajo posible.<sup>20</sup>

Cuando se quiere adelantar una actividad y se quiere acelerar su ejecución, existe un punto en donde por más que se incremente su rendimiento, el tiempo de ejecución no disminuirá y el costo de la actividad se incrementará. A este punto se le llama *límite de falla*. El objetivo del método *time – cost trade off*, o de la *curva tiempo – costo*, consiste en saber seleccionar aquellas actividades que deben llevarse hasta el *límite de falla*, para lograr una solución óptima en el tiempo de ejecución del proyecto.<sup>21</sup>

Ver figura N° 5

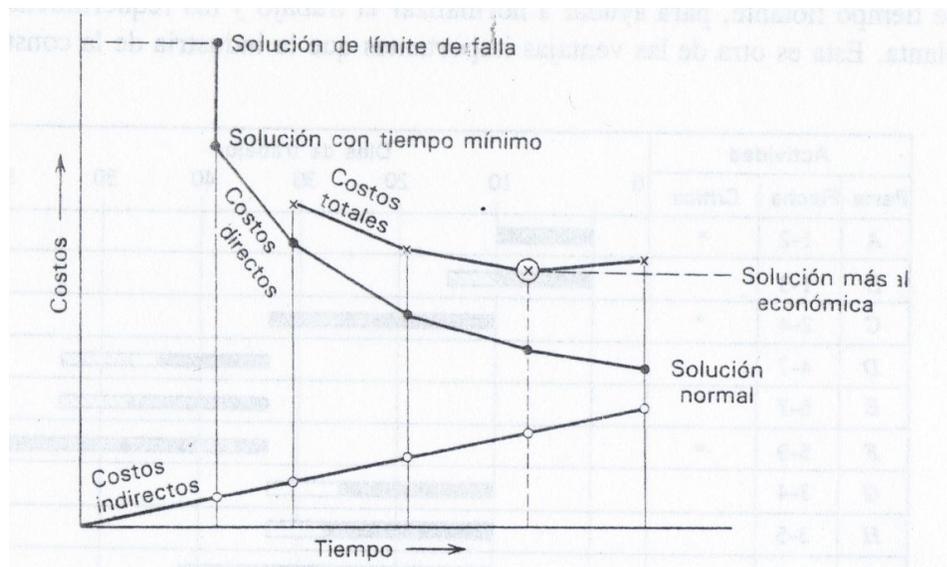


Figura N° 5

### Curva Tiempo – Costo de una Actividad

Fuente: ANTILL – WOODHEAD- Método de la ruta Crítica y sus aplicaciones en la construcción

Las características de mayor interés de la curva son: el punto de solución normal o punto que muestra el costo más bajo, el punto correspondiente al mínimo tiempo o límite de falla y los puntos definidos entre ellos.

El punto de solución normal es el tiempo requerido para la realización del trabajo con el costo directo más bajo, por tanto todos los tiempos más rápidos deberán costar más debido a los gastos adicionales del tiempo extra, turnos, equipos adicionales etc. El

<sup>20</sup> Ibid, P 29

<sup>21</sup> Ibid P.29

punto marcado como “costo límite de falla para el mínimo tiempo” muestra el costo directo mínimo en la ejecución de la actividad en el tiempo más corto. Los puntos intermedios muestran los costos de varios tiempos viables en los cuales se puede acelerar la actividad a través de otros métodos de ejecución.<sup>22</sup>

El planteamiento y la breve descripción de este método enlazado con el desarrollo e implementación del Valor Ganado, hace de este trabajo un punto base de trabajos futuros que desarrollen, mejoren y evalúen diferentes alternativas de control en la ejecución de un proyecto de construcción, garantizando los costos y tiempos de ejecución según las especificaciones inicialmente planteadas.

---

<sup>22</sup> ANTILL – WOODHEAD- Método de la ruta Crítica y sus aplicaciones en la construcción-LIMUSA NORIEGA EDITORES, P.30

## **5. OBSERVACIONES Y RESULTADOS**

### **5.1. OBSERVACIONES:**

- I. La estructura a nivel de personal y de procedimientos que una empresa le brinde a un proyecto, es de vital relevancia para garantizar la calidad de información de soporte de entrada para la metodología del valor Ganado. Por ello una persona encargada del control administrativo y de costos es ideal para la alimentación y el desarrollo de informes de Valor Ganado en obra.
- II. Para poder disponer de información veraz y actualizada sobre los costos reales de las actividades ejecutadas en un periodo dado, se recomienda implementar un software de control de costos que sea alimentado en tiempo real según avance el proyecto.
- III. El planteamiento y la breve descripción del método del time – cost trade off, sirve como base para futuros trabajos que continúen con el desarrollo de un sistema integral de control de ejecución de proyectos de construcción.
- IV. Para implementar el método del Valor Ganado como seguimiento desde un contrato de interventoría a un proyecto de construcción, se deben establecer a través de la gerencia del proyecto todos los requerimientos de la información a recopilar dentro del contrato del constructor. Todo esto para garantizar de forma contractual, la información suministrada y su veracidad. Esta observación varía según el modelo de contratación pero se enfoca en los contratos de precios unitarios, globales y llave en mano especialmente

### **5.2. RESULTADOS:**

- a. Como resultado principal se destaca la creación a través de un desarrollo de cuadros, la entrega de un informe ejecutivo práctico, de fácil lectura e interpretación que presenta de forma global el pasado, presente y futuro del proyecto.

## CONCLUSIONES

La importancia de realizar un seguimiento y control a cualquier proyecto de construcción garantiza la estabilidad en la ejecución de sus actividades en cuanto a costo, programación y calidad se refiere.

La toma de la información real que se produce en obra debe ser planeada, establecida y controlada desde antes que inicie el proyecto. Con esto se debe garantizar una información real y a tiempo.

El contar los anticipos como valores de obra ejecutada puede afectar los resultados de la metodología, sin embargo se consideran un gasto real que debe registrarse. Existe discrepancia al momento de la implementación, sobre el manejo de estos pagos a lo cual y con base en la experiencia considero que no deben registrarse sino al momento de ejecución de las actividades.

La metodología del valor ganado da herramientas de primera mano para la toma de decisiones oportunas, que permiten llevar a buen término el proyecto. Su implementación, diferente a lo que se pueda creer, no implica grandes inversiones y si garantiza grandes aprovechamientos en pro del constructor y del dueño del proyecto.

Un informe ejecutivo pone a disposición de cualquier gerente en tan solo dos páginas, la historia del desarrollo del proyecto su desempeño actual y las proyecciones futuras en tiempo y dinero. El aporte que este informe ofrece se convierte en una herramienta relevante para el control de cualquier proyecto.

La implementación de métodos como el time – cost trade off, enriquece el proceso de control, pero sobre todo, de mejoramiento y optimización de los procesos constructivos. Aunque este trabajo solo plantee a grosso modo sus principales aspectos, se considera oportuno poder continuar de forma más detallada y concisa con el desarrollo de una metodología que integre estas dos herramientas.

## RECOMENDACIONES

Se invita a los estudiantes de cohortes futuras de la especialización y a los estudiantes de pregrado a indagar, profundizar e implementar en los proyectos civiles, las herramientas que el PMI (Project Management Institute) ha desarrollado a través de las experiencias de sus miembros y de la publicación de las mismas.

El método del valor Ganado, la ruta crítica, el time –cost trade off, el lean construction, etc. son metodologías que deben estudiarse y promover su implementación para elevar los niveles de desarrollo en la ejecución de las obras civiles en Colombia.

Se recomienda profundizar el estudio y la enseñanza más a fondo de estos temas, para el conocimiento, implementación y mejoramiento que las cohortes y generaciones futuras de profesionales puedan aportar para la construcción de un mejor país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE PROYECTOS (GUIA DEL PMBOK), GLOBAL STANDARD, 4ta EDICIÓN

BOTERO Luis Fernando; Construcción sin perdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction; LEGIS 2DA EDICIÓN

ANTILL – WOODHEAD- Método de la ruta Crítica y sus aplicaciones en la construcción- LIMUSA NORIEGA EDITORES

Abdul-Rahman H, Wang C, Muhammad N. Project Performance Monitoring Methods used in Malaysia and Perspectives of Introducing EVA as a Standard Approach. *Journal Of Civil Engineering & Management* [serial online]. September 2011; 17(3):445-455. Available from: Academic Search Complete, Ipswich, MA.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PRACTICE STANDARD FOR EARNED VALUE MANAGEMENT, GLOBAL STANDARD

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, construction extension to the PMBOK guide third edition, (second edition), GLOBAL STANDARD

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, project management journal vol 36, Number 1, March 2005, "THE PROJECT SCHEDULING GAME (PSG) SIMULATING TIME – COST TRADE OFF IN PROJECTS", GLOBAL STANDARD

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, project management journal vol 37, Number 1, March 2006, "A DELIVERABLE ORIENTED EVM SYSTEM SUITED TO A LARGE SCALE PROJECT", GLOBAL STANDARD

Nassar, Gunnarsson, Hegab. Using Weibull Analysis for Evaluation of Cost and Schedule Performance; *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT* © ASCE / DECEMBER 2005

Benjaoran, Sae-Tae. TIME-COST TRADE-OFF SCHEDULING UNDER CONSTRUCTION LABOR RESOURCE CONSTRAINTS. *Department of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,*

Kim, Ballard. *Management Thinking in the Earned Value Method System and the Last Planner System.* *JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING* © ASCE / OCTOBER 2010.