



Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica
del Colegio de Ingenieros Civiles de México



Con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios SEP.
Según acuerdo No. 2005371 de fecha 17 de junio de 2005

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO EN UNA
PyMe ESPECIALIZADA EN RESTAURACIÓN DE INMUEBLES”**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE
INFRAESTRUCTURA**

**PRESENTA:
FLAVIO ROBERTO DURÓN GONZÁLEZ**

**MÉXICO D. F.
ENERO DE 2016.**

A los interesados en mejorar la forma en la que se realiza la Dirección de Proyectos de construcción en nuestro país.

Agradecimientos y reconocimientos.

Quiero agradecer al señor ingeniero José Hinojosa Ornelas, Director General de la empresa para la cual trabajo desde hace aproximadamente tres lustros, quien me proporcionó todo el apoyo necesario —tanto económico como de tiempo— en este proyecto personal. El ingeniero Hinojosa ha sido un amigo en toda la extensión de la palabra y un maestro en la práctica profesional, de quien hemos aprendido tantas cosas y que aunque por momentos pensamos que ya no hay nada nuevo siempre se presentan oportunidades para seguir aprendiendo.

A mi señor padre, el ingeniero arquitecto Flavio Durón Martínez, quien me enseñó desde niño a tener pasión por lo que uno hace, con gusto y ética profesional. Con él he tenido la oportunidad de percatarme de la importancia que merece la administración a la par del desarrollo de las capacidades técnicas para la ejecución de los proyectos y, aunque él no lo sabe, fue el motor para interesarme en estos temas, pues en su pequeña empresa constructora inicié mis pasos. También me enseñó el amor por nuestra profesión, como constructores de espacios y de infraestructura en beneficio de la sociedad, obras que siempre serán un motivo de orgullo por nuestra pequeña contribución en cada proyecto.

Quiero reconocer a los docentes del Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica del Colegio de Ingenieros Civiles de México, quienes compartieron con nosotros sus experiencias y conocimientos en la administración de proyectos. De manera especial al ingeniero José Francisco Ponce y Córdova, asesor de esta tesina. Todos ellos muy profesionales en sus respectivas áreas. Pienso que en conjunto con los compañeros de la especialidad disfrutamos enormemente los cursos a los que asistimos con gran entusiasmo.

Creo que todos nosotros siempre tenemos motivaciones externas a nuestra actividad profesional, y es por esto que quisiera mencionar a mi familia Oli, Karla Alegría y Ana Katia, quienes me han mostrado dedicación y esfuerzo con su propio ejemplo, que la belleza está en las cosas sencillas, aunque parafraseando a un conocido cantor, yo soy complicado. A mi madre Griselda González, mis hermanos Gabriela y Julio César y a sus familias. A mis hermanos y amigos de la MWYGLM. Todos ellos me han inspirado a tratar de ser mejor persona.

Finalmente, aunque no en última instancia, como es natural, agradezco al Creador, ya que estoy convencido de que esta oportunidad viene del cielo. Cito una frase anónima que lo podría explicar un poco: *“Y le pedí a Dios felicidad en la vida... y me dio la vida”*.

Gracias.

Flavio Roberto Durón González
f.duron@hotmail.com

Implementación del método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles.

INDICE GENERAL

| | |
|--|------------|
| RESUMEN | 4 |
| INTRODUCCION | 5 |
| MÉTODO. | 10 |
| Capítulo 1. El Método del Valor Ganado (<i>Earned Value Management, EVM</i>) | |
| 1.1 Herramientas y técnicas de control de proyectos. | 11 |
| 1.2 El Método del Valor Ganado. [PMI, 2005] | 14 |
| 1.3 Métricas de desempeño global de un proyecto. [DoE—OAPM, 2014] | 25 |
| 1.4 Cronograma Ganado (<i>Earned Schedule, ES</i>): una extensión al Método del Valor Ganado. | 26 |
| 1.5 Generalidades del pronóstico en tiempo y costo. | 33 |
| 1.6 Ventajas e importancia, desventajas y limitaciones del método. | 35 |
| Capítulo 2. La implementación del Método del Valor Ganado. | |
| 2.1 El seguimiento y control de proyectos mediante el EVM y el estándar PMI-PMBOK. | 38 |
| 2.2 El seguimiento y control de proyectos mediante el EVM y el PMI-Extensión para proyectos de construcción. | 45 |
| 2.3 Características de los proyectos de restauración. | 49 |
| 2.4 Características de las PyMe's constructoras. | 55 |
| 2.5 Factores para la implementación del EVM. | 58 |
| 2.6 Procesos para la implementación del EVM en una PyMe constructora especializada en restauración. | 62 |
| Capítulo 3. Caso práctico. | |
| 3.1 Descripción de la empresa constructora y sus procesos técnico – administrativos. | 86 |
| 3.2 Descripción del proyecto. | 89 |
| 3.3 Implementación del EVM al caso práctico. | 96 |
| 3.4 Interpretación de las métricas obtenidas. | 123 |
| 3.5 Análisis de la problemática y acciones sugeridas al propietario de la pequeña empresa constructora. | 127 |
| COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES. | 138 |
| REFERENCIAS. | 139 |

RESUMEN.

La difusión y el uso de la disciplina conocida como Administración de Proyectos es escasa entre las empresas constructoras pequeñas y medianas en nuestro país, particularmente en lo referente a la utilización de herramientas para el seguimiento y control de los proyectos.

En este trabajo proponemos el uso del Método del Valor Ganado (EVM) como una herramienta de seguimiento y control para los proyectos de restauración de inmuebles históricos, generalmente ejecutados por empresas constructoras pequeñas y medianas.

La implementación del EVM permite la obtención de alarmas en etapas tempranas del proyecto, encaminadas a realizar acciones preventivas y/o correctivas oportunamente. Contribuye a la disminución de los problemas relativos a costo y tiempo y ha demostrado ser una herramienta eficaz para incrementar las utilidades de las empresas ejecutoras y obtener ahorros para los dueños del proyecto. El conocimiento de los procesos del EVM, la forma de obtener los datos y aplicarlos particularmente en los proyectos de restauración en nuestro país permitirá reducir las barreras para su implementación en ese tipo de proyectos.

A través de la revisión de diversa bibliografía sobre el tema, encontramos la conveniencia de usar las métricas del EVM en conjunto con las métricas del Cronograma Ganado (ES) y el análisis del flujo de efectivo. Incluimos diversos escenarios de las métricas para el pronóstico del costo y tiempo que se han discutido en recientes investigaciones.

Desarrollamos un caso de aplicación a un proyecto real en el cual se utilizan dos modelos complementarios entre sí para la implementación del EVM: el modelo que identifica los factores organizacionales que contribuyen a su implementación (Kim, 2003) y el modelo de procesos para la administración de proyectos mediante el EVM (Humphreys, 2011), adaptados a la terminología y práctica profesional en la industria de la construcción mexicana.

Encontramos que el método EVM puede ser *escalado* con facilidad a un *sistema de gestión de proyectos* en pequeñas y medianas empresas constructoras en restauración en nuestro país.

El EVM introduce una variable importante y de poco uso en nuestra práctica profesional consistente en el cálculo de lo que ha costado producir el avance reportado del proyecto. Esta variable y las métricas de pronóstico podrían alertar, incluso, acerca de la viabilidad y los riesgos en el cumplimiento del costo y tiempo del proyecto.

INTRODUCCIÓN.

La difusión y el uso de la disciplina conocida como Administración de Proyectos es escasa entre las empresas constructoras pequeñas y medianas en nuestro país, particularmente en lo referente a la utilización de herramientas para el seguimiento y control de los proyectos. Las empresas perciben que la cantidad de esfuerzo requerido para su implementación es enorme en comparación con los beneficios obtenidos al utilizarlas.

La preocupación en las empresas para la implementación de un sistema de seguimiento y control de proyectos gira en torno a: 1) los recursos adicionales que deban invertirse como son el pago de salarios de personal, el posible incremento del aparato organizacional, la adquisición de software especializado, costos de capacitación, entre otras y, 2) el esfuerzo adicional que implica su implementación.

Se pueden enumerar algunas otras barreras como la adaptación al cambio con respecto a la forma actual de trabajo, el incremento de actividades que consumirán tiempo y la interrogante de qué tan práctica sería la implementación de un sistema de seguimiento y control, así como la generación y el acceso a la información.

La forma en que habitualmente se lleva a cabo el seguimiento y el control de los proyectos en las empresas PyMe de construcción en México, es a través de la obtención de dos parámetros:

- a) El Valor Planeado (PV, *Planned Value*), que se refiere a la programación para la ejecución de los trabajos calendarizado y con importes, formulado a partir del presupuesto contractual y calendarizado a lo largo del periodo de ejecución. La programación de la ejecución de los trabajos generalmente se realiza mediante diagramas de Gantt y la representación gráfica de los avances planeados se realiza a través de importes acumulados o curvas "S".
- b) El Valor Ganado (EV, *Earned Value*), es una medida de los avances físicos obtenidos durante el seguimiento del proyecto (durante su ejecución) y consiste en la elaboración de números generadores de las cantidades realmente ejecutadas, éstos se someten a la revisión de una supervisión, se realiza una conciliación, se recibe la autorización de la supervisión y finalmente se formula la estimación de cobro. Una vez aprobados los números generadores o los porcentajes de avance, se consideran entonces como avance físico del proyecto.

Los dos parámetros citados anteriormente son una práctica común en la industria de la construcción en nuestro país, aunque con una nomenclatura diferente ya que los términos PV y EV son de uso más común en Norte América y Europa.

Hay un tercer parámetro básico que propone el Método del Valor Ganado (EVM —*Earned Value Management*), el relativo a los costos y gastos en que se incurre para la realización del trabajo ejecutado. A éste parámetro se le conoce como Costo Actual (AC, *Actual Cost*), el cual, suele no ser utilizado de manera consistente en el seguimiento y control de los proyectos de las PyMe's constructoras, dado que se le considera información reservada al área contable y directiva.

La determinación del AC es un problema ya que las áreas técnicas encargadas del seguimiento y control pocas veces cuentan con la información que permita su incorporación a las métricas de desempeño del proyecto.

La administración de los recursos que intervienen en el AC, tanto materiales, como equipos de instalación permanente, mano de obra, herramientas y equipo de construcción, se suele realizar dando seguimiento a los consumos de los materiales, revisando que el costo de adquisición de los insumos sea menor o igual al considerado en el presupuesto, cuidando el tamaño de la plantilla del personal técnico administrativo en el sitio de los trabajos, registrando y controlando los pagos realizados a contratistas y destajistas, etc. Estos procesos de administración de los recursos es necesaria, solamente que la administración del costo y la administración del tiempo se realizan frecuentemente por separado. El seguimiento de ambas variables (costo y tiempo) permite, mediante un método integrador como el EVM, conocer el estatus global actual de un proyecto de una forma más completa, así como realizar proyecciones basadas en el comportamiento pasado.

Es frecuente que en las empresas PyMe de construcción no se utilicen métricas de desempeño para la toma de decisiones, de una forma oportuna, a lo largo del proyecto, de manera que el resultado del proyecto (éxito ó fracaso) se conoce hasta en tanto llega a su terminación o cuando se presentan problemas relativos al costo y/o tiempo de ejecución que podrían hacer irreversible el fracaso.

Los proyectos de Restauración de bienes inmuebles tienen características que los diferencian de los demás proyectos de edificación. Los proyectos de restauración presentan dificultades para mantener actualizado el PV, ya que generalmente se producen numerosas modificaciones al diseño original durante la ejecución del proyecto, requiriendo actividades adicionales y disminución o aumento de cantidades de obra no previstas en los planes iniciales. Las prácticas de restauración suelen consistir en procedimientos de prueba y error que plantean cambios de soluciones y en las que al momento de realizar liberaciones, desmantelamientos y retiros es cuando se descubren las fábricas o composición de elementos estructurales y arquitectónicos que con frecuencia no se habían considerado en el diseño inicial.

La Administración de Proyectos es una disciplina que ha demostrado efectividad para el cumplimiento de los objetivos que dan origen a los proyectos [Kerzner, 2009] [Estay, 2007] [Kim, 2003]. Esta disciplina establece que se deben considerar dos características en los proyectos: 1) son únicos y 2) son esfuerzos temporales ya que tienen un inicio y un fin, es decir, son finitos.

Los proyectos se desarrollan en una serie de **fases** que conforman el llamado ciclo de vida del proyecto en el que se distinguen: inicio, planeación, ejecución, control y cierre. La Administración de Proyectos requiere la aplicación de diversas **áreas de conocimiento** y **grupos de procesos**. El EVM forma parte del grupo de procesos de Monitoreo y Control [PMI, 2013].

El EVM es un conjunto de herramientas y técnicas que tiene interacciones con diversas **áreas de conocimiento** de la Administración de Proyectos como son: el alcance, el tiempo, los costos, los riesgos y las comunicaciones.

Para la implementación del Valor Ganado vale hacer una descripción de cómo se ha considerado a este método, ya que a través de sus diferentes denominaciones se tiene una idea más cercana de la evolución de sus alcances. [Alsina, 2013] refiere que a partir de la evolución del C/SCSC, el Valor Ganado surge como una herramienta para el **análisis** de la situación de un proyecto, por lo que recibe el nombre de **EVA** (*Earned Value Analysis*). El estándar ANSI/EIA 748 lo denomina **EVMS** (*Earned Value Management System*), un **sistema** integral de administración. Por su parte, [Anbari, 2013] lo considera como un *Earned Value Analysis Project Management Method*, es decir, un **método** para el análisis de proyectos que forma parte de la disciplina conocida como Administración de Proyectos. A partir de la primera década del s. XXI, diversas publicaciones y el estándar emitido por el PMI (*Project Management Institute*) lo designan en su mayoría como **EVM** (*Earned Value Method*). [Alsina, 2013] [Smith, 2011].

Las denominaciones anteriores hacen pertinente puntualizar las siguientes definiciones que serán utilizadas a lo largo de este trabajo [DRAE, 2012]:

Implementación: es la acción y efecto de poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo.

Método: modo de hacer con orden.

Metodología: ciencia del método.

Técnica: relativo a la aplicación de una ciencia o arte. Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte.

Tecnología: conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

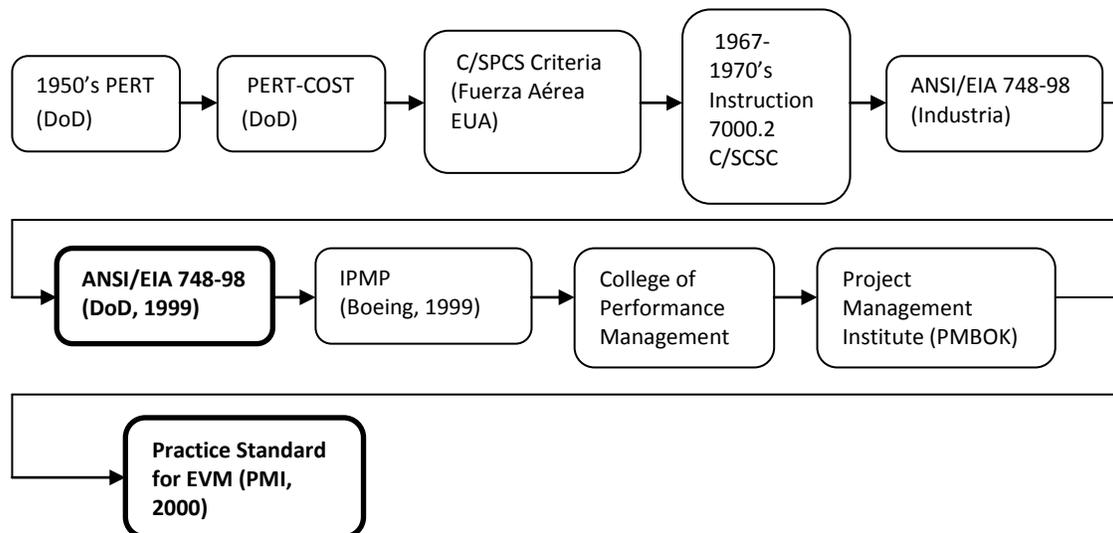
Adopción: acción de recibir haciéndolos propios ...métodos... que han sido creados por otras personas o comunidades.

Adaptación: acción de acomodarse a las condiciones de su entorno.

Así, la **Administración del Valor Ganado (EVM, *Earned Value Management*)** consiste en la **utilización de un conjunto de herramientas y técnicas de seguimiento y control que permiten obtener métricas del desempeño de un proyecto**. De ésta forma, el EVM es parte de la disciplina conocida como Administración de Proyectos y es un método que interactúa con diversos grupos de procesos. El EVM como *sistema integral de administración de proyectos* es considerado como una de las mejores prácticas para el seguimiento y control [Kim, 2003].

El interés en estudiar formas de medición del desempeño de los proyectos posiblemente inició a finales de los años 1800's con los avances en la industrialización. En los años 1950's las necesidades administrativas en el Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos dieron origen a la técnica PERT *Program Evaluation Review Technique*. Así sucesivamente se fueron ajustando las técnicas y herramientas dando lugar al PERT-Costos; al C/SPCS *Cost Schedule Planning Control System* por la Fuerza Aérea de EUA; la Instrucción DoD 7000.2 *Performance Measurement for Selected Acquisitions* (1967) representaba las mejores prácticas en ese tiempo y ya planteaba el uso del EVM. Por otra parte, se requirió de la industria privada —que trabajaba para el DoD— la utilización del C/SCSC *Cost/Schedule Control System Criteria* (1970's), y así, la evolución continuó hacia el estándar ANSI/EIA 748-98 *Earned Value Management Systems*, el IPMP *Integrated Performance Management Practice* (Boeing), hasta la incorporación del EVM en el Cuerpo de Conocimientos para la Administración de Proyectos (PMBOK-PMI) y el *Practice Standard for EVM* también del PMI, entre otros estándares. Esta evolución histórica da cuenta de cómo se ha venido consolidando la investigación y el uso del EVM en Estados Unidos cuyo uso se ha extendido hacia Australia, Canadá, Japón, Suecia y Reino Unido.

Las investigaciones encaminadas al uso más extensivo del método en la iniciativa privada se presentan a partir de los años 1990's. A partir del año 2003 se detecta la necesidad de incorporar métricas adicionales para el pronóstico del tiempo como una extensión al EVM dando lugar al Cronograma Ganado (ES, *Earned Schedule*).



Fuente: elaboración propia a partir de [Abba, 2000].

Las versiones más recientes de los procesos recomendados por éstos estándares están descritos en el **ANSI/EIA 748-C** a través de una guía publicada por la *National Defense Industrial Association* (NDIA) de abril del 2014, el ***Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook*** de la NASA (Febrero del 2013) y el ***Earned Value Management System (EVMS) and Project Analysis Standard Operating Procedure (EPASOP)*** del Departamento de Energía (DoE), de Marzo del 2014. Estos estándares fueron emitidos por diversas entidades del gobierno de Estados Unidos para el seguimiento y control a los que la iniciativa privada (contratistas del gobierno estadounidense), deben ajustarse para informar el estatus de sus proyectos.

Por otra parte, las referencias más recientes al momento de la elaboración de éste trabajo, para uso general en cualquier tipo de proyectos, consisten en el estándar conocido como “Cuerpo de Conocimiento para la Administración de proyectos” PMBOK en su quinta edición [PMI, 2013], la extensión del PMBOK para proyectos de construcción segunda edición [PMI, 2007] y el estándar para la práctica del EVM segunda edición [PMI, 2011]. Estos estándares han sido desarrollados principalmente en Estados Unidos con colaboraciones de autores de varios países.

Esta evolución del EVM y sus estándares ha sido consecuencia de las mejoras en los **alcances** y **métricas** del método, de la inclusión de **aspectos organizacionales** y de otros a tomar en cuenta para su **implementación** [Driessnack, Christle y Kempes, citados por Abba, 2000], distinguiendo los siguientes:

- La incorporación de **métricas de costo y tiempo** en una sola herramienta / técnica.
- La incorporación de herramientas/técnicas de **administración de riesgos**.
- La consideración de la **complejidad** de los proyectos.

- La necesidad de evitar los sobrecostos y el incremento del tiempo de ejecución de los proyectos.
- La **rigidez** y en ocasiones la excesiva **regulación** de los sistemas de seguimiento y control.
- Problemas para la **implementación** y **aceptación** por los contratistas como una alarma temprana y no únicamente como un reporte financiero.
- El **uso** de la **información** en forma efectiva, para emprender medidas preventivas y/o correctivas.
- Obtención de acuerdos entre los involucrados en la **interpretación** de los indicadores y de los resultados del método EVM.
- El **trabajo conjunto** entre los departamentos militares de Estados Unidos y la **industria** de ese país.
- Motivar el desarrollo de habilidades interpersonales como el **trabajo en equipo** y la **cooperación** entre los integrantes del equipo de administración de proyectos.
- La delegación de **responsabilidades**, asignada en un principio a los especialistas en programación de proyectos en lugar de recaer formalmente en los administradores de proyectos.
- La redirección del **propósito** del EVM hacia un proceso administrativo más integral.
- La posibilidad de **implementar** el EVM en todo tipo de proyectos, aunque no con la misma extensión, y **en función del ambiente del proyecto, de los requerimientos del cliente, del tamaño y alcance del proyecto, de los riesgos, complejidad y necesidades de organización particulares.**

En nuestro país, el uso de herramientas y técnicas para la administración de proyectos y particularmente el uso del EVM, parece solo reducido a las empresas constructoras más grandes de la iniciativa privada. En México se cuenta con antecedentes regulatorios en el Libro 2 Tomo IV “*Servicios Técnicos: Control de la Ejecución de la Obra Pública*” que forma parte de las Normas de Construcción de la Administración Pública del Distrito Federal de fecha Enero 2009. En dicha norma, la especificación E.01.d.3 hace referencia al uso del método del Valor Ganado con el objeto de la *verificación y control integral* de los proyectos. Esta norma es un requerimiento para el desarrollo de los servicios técnicos que realicen las empresas externas contratadas por el Gobierno del Distrito Federal para el seguimiento y control de sus proyectos.

Por otra parte, en el ámbito de las obras públicas financiadas con recursos federales, la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) publicada el 11 de Agosto del 2014, no hace referencia explícita a la obligatoriedad de utilizar algún método para la administración de proyectos o para el seguimiento y control. El artículo 24 de la LOPSRM estipula que *los recursos se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia, honradez e imparcialidad*. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en el artículo 134 ese mandato en el ejercicio de los recursos públicos. El Reglamento de la Ley (RLOPSRM) publicado el 28 de Julio de 2010, reconoce en el artículo 249 la Gerencia de Proyectos como parte de los servicios relacionados con la obra pública que pudieran ser contratados por el gobierno federal. La aplicación de esta normativa a favor de la administración de proyectos, conforme a los *borradores* de la nueva Ley de Obras Públicas que está por aprobarse, se estima solo será obligatoria para proyectos valuados en más de cinco mil millones de pesos mexicanos, quedando excluidos de dicha obligatoriedad los proyectos de menor tamaño. Uno de los posibles argumentos de este hecho se encuentra en la escasa disponibilidad de recursos humanos y/o empresas consultoras mexicanas con capacidad de ofertar estos servicios.

Seguramente en nuestro país no es nueva la inquietud de hacer más eficiente la ejecución de las obras tanto públicas como privadas. En las instituciones educativas han existido y existen propuestas de capacitación en temas administrativos de aplicación particular a la industria de la construcción como es el caso de la Universidad la Salle, la Universidad Iberoamericana, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, el Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción (ICIC-CMIC) y el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CAPIT-CICM), por citar solo algunas. En estas instituciones la tendencia apunta al uso del estándar internacional conocido como Cuerpo de Conocimientos para la Administración de Proyectos (PMBOK, *Project Management Body of Knowledge*) y al uso de otros documentos que complementan a este estándar como el estándar para la Práctica de la Administración por el Método del Valor Ganado (*Practice Standard for Earned Value Management*), ambos editados por el *Project Management Institute* (PMI) de Estados Unidos.

Particularmente en el Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica del Colegio de Ingeniero Civiles de México (CAPIT-CICM) se han realizado importantes esfuerzos para la enseñanza y aplicación del cuerpo de conocimientos PMI-PMBOK, proponiendo adaptaciones de éste estándar a la realidad mexicana para su utilización en proyectos de infraestructura.

MÉTODO.

Pregunta de investigación: ¿Cómo implementar el método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles?

OBJETIVO.- Describir la implementación del método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles.

HIPÓTESIS.- La implementación del método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles se relaciona con los factores para la implementación identificados por Kim (2003) y el modelo de Administración de Proyectos de Humphreys (2011).

Causa.- Los factores para la implementación identificados por Kim (2003) y el modelo de Administración de Proyectos de Humphreys (2011).

Efecto.- La implementación del método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles.

Objeto.- El método del Valor Ganado.

Fenómeno.- La implementación del método del Valor Ganado en una PyMe especializada en restauración de inmuebles.

Capítulo 1.

El Método del Valor Ganado (*Earned Value Management, EVM*)

1.1. Herramientas y técnicas de control de proyectos.

Revisando muy diversa bibliografía relativa al tema del seguimiento y control de proyectos, se han localizado numerosos artículos de investigación y otros artículos de menor rigor, pero que en todos los casos nos motivan a conocer y utilizar muy diversas herramientas y técnicas (PMTT, *Project Management Tools and Techniques*). En nuestro país, decíamos en los antecedentes de este trabajo, la literatura en el tema es escasa por lo que utilizaremos como referencia las prácticas internacionales, incluyendo la nomenclatura con la que se conocen los parámetros, indicadores, métricas, técnicas, herramientas, estándares, etc., adaptándola a la nomenclatura comúnmente empleada en la industria de la construcción de nuestro país.

La importancia de la implementación del EVM radica en ser un conjunto de herramientas y técnicas que tienen una correlación positiva con los *factores de éxito* de un proyecto. A continuación se describe el contexto en el que se encuentra el EVM respecto a otras PMTT según la investigación realizada por Patanakul (2010).

[Patanakul, 2010] define los siguientes indicadores como factores de éxito de los proyectos:

- tiempo (S1),
- costo (S2),
- calidad / cumplimiento de las especificaciones (S3),
- cumplimiento de las expectativas de los usuarios finales con respecto al producto del proyecto (S4),
- satisfacción del cliente (S5),
- beneficios (utilidades) obtenidos por los ejecutores del proyecto (S6),
- incremento en la competitividad en el mercado de los ejecutores del proyecto (S7) y,
- desempeño global del proyecto (S8).

Para el cumplimiento de lo anterior, continúa mencionando la investigación referida, el administrador de proyectos emplea diversas herramientas y técnicas para administrar las actividades a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Se estima que el uso adecuado de esas herramientas y técnicas conducirá al desempeño del proyecto dentro de los planes establecidos y, por el contrario, su uso inadecuado poco o nada aportarán a su éxito. La combinación de experiencia y conocimientos son los que permitirán alcanzar tales objetivos.

La investigación realizada por Patanakul, plantea conocer las herramientas y técnicas de administración de proyectos que se usan en la práctica profesional (en Estados Unidos) y conocer su impacto en el éxito de un proyecto. A través de entrevistas a cerca de 400 administradores de proyectos y de un cuestionario validado mediante la consulta de expertos, con un tratamiento estadístico correlacionó aquellas herramientas y técnicas que tienen un impacto positivo en el éxito de los proyectos así como aquellas que presentan correlaciones negativas.

El estudio de Patanakul sugiere que las herramientas y técnicas de monitoreo y control que contribuyen en mayor medida al éxito de un proyecto durante la fase de ejecución son los:

- **Planes contingentes**, permiten manejar anticipadamente los cambios en los proyectos lo que contribuye a la administración del costo y tiempo de ejecución.
- **Planes de comunicación**, ya que permiten entablar una comunicación efectiva entre el Gerente del Proyecto con los clientes, entender sus necesidades e identificar la(s) causa(s) de los problemas identificados durante el seguimiento y control.
- **Programación jerárquica**, (*hierarchical schedule*), permite la comunicación a los involucrados en diferentes niveles de detalle, y así comprender su rol durante la ejecución del proyecto.
- **Listas de chequeo (checklist)**, en cuanto a la verificación del cumplimiento de las expectativas de los usuarios finales del proyecto.

Por otra parte, el mismo estudio indica que durante la fase de ejecución las siguientes herramientas y técnicas presentan una correlación negativa al éxito de un proyecto:

- **Schedule crashing**, ya que cuando se aplica ésta técnica es porque el proyecto ya tiene retrasos importantes, pues es una herramienta de recuperación del programa de ejecución, es una herramienta que ayuda a la recuperación del cronograma de un proyecto cuando el daño ya está hecho y deberá utilizarse como último recurso.
- **Requerimientos de cambios al proyecto** y la **Definición del alcance del proyecto**: la cantidad de cambios al proyecto así como la modificación de los alcances son una medida de qué tantos cambios son requeridos con respecto al plan original, mientras se presenten con mayor frecuencia, son un indicador contraproducente del desempeño del proyecto.

En relación a la administración del tiempo, sorprendentemente este estudio arroja que **el uso de diagramas de barras tiene poca contribución al éxito de un proyecto durante la fase de ejecución**. Esto podría explicarse debido a que esos diagramas no establecen relaciones de dependencia entre las actividades del proyecto y esta herramienta/técnica por sí sola no permite identificar el impacto que el retraso de una actividad podría tener en otras y, a su vez, repercutir en el desempeño global del tiempo de ejecución del proyecto. Esta técnica, por su sencillez, es de uso muy común en las PyMe's de construcción en México.

Por otra parte, el uso del *Critical Path Method* (CPM) o Método del Camino Crítico, utilizado desde la fase de planeación, arroja impactos positivos al tiempo, costo y calidad en la ejecución de los proyectos. Este estudio sugiere que el CPM debería ser una herramienta de mayor uso para la planeación y el control del tiempo.

La presencia de **cambios de proyecto** (cambios en la definición de los alcances) resulta muy común en los proyectos de construcción en restauración. Según este estudio, tienen una contribución negativa al éxito de un proyecto ya que mientras más cambios se presenten menor se considera exitoso el proyecto. Sin embargo, es una herramienta indispensable para la **actualización de la línea base de costo y tiempo del proyecto**.

En relación a la administración del costo, la estimación de costos de abajo hacia arriba tiene una contribución negativa en la fase de planeación. Esta herramienta en México se le conoce como integración de un presupuesto a partir de análisis de precios unitarios, sub partidas y partidas, y es de uso muy común en nuestro país.

Los autores del estudio sugieren emplear técnicas como la estimación análoga en la fase de planeación. Lo anterior, debido a que realizar un presupuesto a precios unitarios resulta más costoso que por estimación análoga, por el esfuerzo y el tiempo requerido para hacerlo. El argumento es que **en tanto un proyecto se encuentre suficientemente definido en sus alcances entonces resultará más útil el análisis de precios unitarios.**

La investigación de Patanakul sugiere el uso de las siguientes diez herramientas / técnicas de administración de proyectos en función de su correlación positiva al éxito de los proyectos:

| Herramientas / técnicas (PMTT) | Impacto en el éxito de un proyecto | |
|---|---|--|
| | Cuando se usa en: | Tipo de impacto: |
| Estimación análoga | <ul style="list-style-type: none"> • Fase conceptual • Fase de planeación | <ul style="list-style-type: none"> • +S7 Impacto en la competitividad en el mercado |
| Listas de Chequeo (checklists) | <ul style="list-style-type: none"> • Fase conceptual • Fase de ejecución | <ul style="list-style-type: none"> • -S8 Desempeño global • +S4 Uso del producto |
| Plan de Comunicaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Fase conceptual • Fase de ejecución | <ul style="list-style-type: none"> • +S8 Desempeño global • +S3 Especificaciones • +S5 Satisfacción del cliente |
| Plan de Contingencias | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de planeación • Fase de ejecución | <ul style="list-style-type: none"> • +S8 Desempeño global • +S1 Tiempo • +S2 Costo |
| Línea Base de Costos | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de planeación • Fase de ejecución • Fase de cierre | <ul style="list-style-type: none"> • +S2 Costo |
| Método del Camino Crítico (CPM) | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de planeación | <ul style="list-style-type: none"> • +S1 Tiempo • +S2 Costo • +S3 Especificaciones |
| Programación Jerárquica | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de planeación • Fase de ejecución | <ul style="list-style-type: none"> • +S4 Uso del producto • +S5 Satisfacción del cliente • +S8 Desempeño global |
| Lecciones aprendidas | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de cierre | <ul style="list-style-type: none"> • +S6 Beneficios financieros |
| Análisis de Hitos | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de ejecución • Fase de cierre | <ul style="list-style-type: none"> • +S1 Tiempo • +S8 Desempeño global |
| Estructura de División del trabajo (WBS/EDT) | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de cierre | <ul style="list-style-type: none"> • +S3 Especificaciones |

Fuente: Lista de Herramientas y Técnicas (PMTT) recomendada para la Administración de Proyectos. [Patanakul, 2010]

Las variables internas al proyecto como son S1 Tiempo, S2 Costo, S3 especificaciones y S8 desempeño global, son las principales variables para el seguimiento y control atendidos por el EVM. Las herramientas y técnicas con las que ciertamente interactúa el EVM son el Plan de Comunicaciones, la Línea Base de Costos, CPM, Análisis de Hitos y WBS. Sin embargo, **los hallazgos de este estudio nos refieren a la necesidad de incorporar una herramienta adicional al EVM que es el Plan de Contingencias**, particularmente para los proyectos de restauración en los que los cambios de proyecto son muy frecuentes. La realización de un plan de contingencias requiere previamente un **análisis de riesgos**, puesto que a partir de éste se elabora el primero.

Las herramientas de control de proyectos son usadas frecuentemente en la industria de la construcción mexicanas aunque desafortunadamente muchos proyectos resultan más caros y con retrasos en su terminación con respecto a los planes iniciales [ASF, 2012] [Méndez, 2013] [Ponce y Córdova, 2013], lo que sugiere que algo está equivocado en los actuales sistemas de control [Naderpour, 2011].

1.2. El Método del Valor Ganado. [PMI, 2005]

El EVM es **aplicable a todo tipo de proyectos** sin importar su tamaño —grandes o pequeños—, bajo cualquier modalidad de contratación —a precios unitarios, precios fijos o precio alzado [Fleming, 2002]. El EVM también es aplicable a proyectos públicos o privados, a proyectos que exceden o no sus umbrales de costo y/o programa [Anbari, 2003], es decir, que se encuentren dentro o por arriba del costo, con adelanto o retraso en sus programas de ejecución.

La Administración del Valor Ganado (EVM, *Earned Value Management*) es uno de los métodos más reconocidos para el seguimiento y control de proyectos ya que se caracteriza por hacer uso integral del tiempo y el costo [PMI, 2005].

El EVM consiste en realizar a una determinada fecha de corte, la **medición** del Avance Físico (EV) o trabajo ejecutado, **compararlo** contra el programa planeado de ejecución (PV), **registrar** los costos (AC) en que se ha incurrido para la ejecución del EV, **obtener métricas del desempeño** del proyecto en términos de **variaciones** del costo y tiempo, obtener **índices de desempeño** y hacer **proyecciones** del costo final y de la fecha de terminación del proyecto. Es decir, su objetivo es medir, analizar, pronosticar e informar acerca de las variables relativas al costo y el tiempo de un proyecto para finalmente apoyar a la Gerencia del Proyecto en la toma de decisiones.

El EVM integra principalmente el costo y el tiempo pero de alguna manera también integra los alcances del proyecto, pues los avances se acreditan en función del cumplimiento de dichos alcances.

El estándar para la práctica del EVM [PMI, 2005], define al EVM como una **metodología para la administración del desempeño**. Recomienda que el uso del EVM se lleve a cabo como complemento a los demás grupos de procesos y áreas de conocimiento que forman parte del estándar para la Administración de Proyectos conocido como PMBOK. La mayoría de las interacciones entre el PMBOK y el EVM se presentan en los grupos de procesos de **planeación y control**.

Características del método:

- El EVM relaciona el presupuesto y el programa de ejecución y los hace comparables.
- El EVM proporciona una alarma o aviso temprano, a partir del 15% al 20% del avance del Proyecto [Fleming & Koppelman, 2002].
- El EVM permite hacer proyecciones de costo y tiempo al final del proyecto, basado en patrones y tendencias en el desempeño pasado.

El EVM requiere que el **alcance del Proyecto** esté **definido**, contar con un **programa de ejecución** realista y congruente con el **presupuesto**, todos estos aspectos debidamente aprobados constituyen una **Línea Base de Desempeño** (PMB, *Performance Measurement Baseline*).

Otros requerimientos para la utilización del EVM son:

- Definir el **nivel de detalle** al que se realizará el seguimiento y control. Conforme a la *estructura de división del trabajo* (WBS/EDT) se procurará que sea en **actividades medibles y controlables**.
- A cada nivel del WBS/EDT se asignarán **responsables** a través de una OBS (*Organization Breakdown Structure*) que constituye la forma en la que se organizará el equipo del proyecto. Su representación es en forma matricial (verticalmente las diversas partes en que se descompondrá el trabajo del proyecto y horizontalmente la asignación de los responsables).
- Las **unidades de medida** corresponderán a aquellas que resulten más convenientes dependiendo del tipo de Proyecto: monetarias, horas hombre, cantidades de materiales o del recurso equivalente para esas actividades haciéndolas comparables.
- Establecer desde la Planeación las **técnicas de medición del avance** debiendo ser consistentes entre sí el PV, el EV y el AC.

El estándar para la práctica del EVM recomienda considerar adicionalmente los riesgos del proyecto a partir de la **importancia/consecuencias** (p. ej. consideraciones financieras, políticas, ambientales) y la **incertidumbre** (p. ej. tamaño, complejidad y duración). El rigor con el que se aplique el EVM debe ser en función de esas dos variables. Con rigor se refiere al **nivel de detalle** (*granularity*) dentro de la WBS al que se realizará el análisis de la información y la **frecuencia** o periodicidad de las mediciones de desempeño.

El procedimiento consiste en:

- Establecer la Línea Base de Desempeño del Proyecto (**PMB**)
 - Descomponer el alcance del trabajo en actividades medibles y controlables.
 - Asignar responsables.
 - Desarrollar un programa de actividades con costos (cédula de valores). (**PV**)
 - Seleccionar las técnicas de medición de los avances para cada actividad.
 - Hacer actualizaciones al PMB a lo largo del proyecto. Solo podrán ser las relativas a modificaciones en los alcances.
- Medir, comparar y analizar el rendimiento contra el PMB.
 - Registrar el uso de recursos durante la ejecución del proyecto. (**AC**)
 - Medir el avance físico del trabajo. (**EV**)
 - Evaluar y acreditar el EV de acuerdo a las técnicas de medición.
 - Analizar y pronosticar el rendimiento del costo y programa de ejecución.
 - Reportar resultados del análisis.
 - Tomar acciones preventivas y/o correctivas, en su caso.

En los proyectos de construcción los valores PV, EV y AC generalmente se expresan en unidades monetarias ya que es una unidad de medida común entre las diferentes actividades y recursos. Otra alternativa podría ser el uso de Horas – Hombre. Es muy frecuente utilizar unidades monetarias para el seguimiento de la construcción y Horas-Hombre para el seguimiento del diseño o las ingenierías y arquitectura.

El nombre de *valor ganado* emerge desde la perspectiva en la que se usa en los Estados Unidos: **“Una vez que el trabajo planeado es ejecutado, el costo presupuestado se convierte en valor ganado”**. [PMI, 2005. pp 9].

En los Estados Unidos con frecuencia la metodología de trabajo consiste en determinar una línea base o programa de ejecución con importes (PV) que corresponde a un plan inicial y comparar los costos en que se ha incurrido a esa fecha de corte (AC). Sin embargo, el seguimiento del avance físico (EV) suele ser una incógnita pues a menudo se generan erogaciones por trabajos que no necesariamente están ejecutados [Fleming & Koppelman, 2002] [Naderpour, 2011]. Lo anterior debido a que se suele presupuestar a precio alzado o mediante índices de costos y dar seguimiento al proyecto a través de los recursos invertidos en él. Así, la práctica en EUA generalmente considera el PV y AC pero no se da un seguimiento detallado al EV, esto pone de relieve el interés que presta el *Practice Standard for EVM* en la determinación del EV.

En nuestro país la situación es diferente ya que en los proyectos se cuenta con el programa de ejecución con importes (PV) y se realiza el seguimiento del avance físico (EV), pues la práctica común en materia de presupuestación es partir de análisis a precios unitarios y el seguimiento mediante números generadores de obra, pero la debilidad del enfoque en las PyMe’s mexicanas es el registro de los costos en que se incurre para lograr el avance físico actual (AC).

La comprensión de estas diferencias en la práctica profesional con respecto a México, nos permite establecer los aspectos en los que se requiere fortalecer la implementación del EVM y, por lo tanto, la aceptación para su uso como herramienta para el seguimiento y control de los proyectos.

Para obtener métricas de desempeño confiables mediante el EVM, el *Practice Standard for EVM* señala que la **medición del avance físico** (EV) debe ser planeado y medido objetivamente. Para lograr dicha objetividad, sugiere establecer la(s) técnica(s) de medición desde la fase de Planeación del proyecto y utilizarlas durante las fases de ejecución y control. El criterio de **selección de dichas técnicas deberá estar en función de la duración de la actividad y de lo tangible de su producto**.

Agregaríamos también que las técnicas de medición deberán elegirse en función del contrato y de la normatividad aplicable, ya que en los contratos y en las especificaciones particulares se establecen los criterios o formas para acreditar el pago de los trabajos ejecutados.

Los **esfuerzos** para la realización de las diferentes actividades del proyecto son: **discretos**, cuando pueden ser divisibles y cuando a su terminación se obtienen productos o servicios tangibles; **prorratedados**, cuando no es fácilmente divisible en esfuerzos discretos pero que están en proporción directa con éstos; si los esfuerzos soportan a alguna actividad pero no dan productos finales, se llama **nivel de esfuerzo**.

Técnicas para la medición de esfuerzos [PMI, 2005]:

Medición de actividades con productos tangibles y duración de uno a dos periodos:

- **Fórmula fija.** De uso en actividades pequeñas y de corta duración. Un porcentaje fijo del trabajo es acreditado cuando se inicia y el porcentaje restante se acredita a su terminación. Por ejemplo: 50/50 (50% del trabajo es acreditado en el periodo en que se inicia, independientemente de qué tanto trabajo se haya ejecutado realmente y el restante 50% se acredita cuando el trabajo es terminado), otras opciones para acreditar el avance pueden ser, por ejemplo, 0/100, 25/75.

Medición de actividades con productos tangibles y duración de más de dos periodos:

- **Peso de la actividad (factores de ponderación).** Esta técnica divide el trabajo de la actividad en segmentos, cada uno terminado en un hito y se le asigna un valor a la terminación de cada hito. Es adecuada para ser usada en actividades de duración larga que tienen salidas intermedias tangibles.
- **Porcentaje terminado.** Es la técnica más simple y fácil, pero la más subjetiva pues consiste en que el responsable de medir el avance, hace un estimado (arbitrariamente) del avance del trabajo. Esta técnica es más útil cuando el porcentaje del avance se obtiene dividiendo el número de unidades de trabajo terminado entre el número total de unidades que deben ejecutarse.

Medición de actividades con productos intangibles y bajo cualquier duración:

- **Esfuerzo proporcional (o prorrateado).** Esta técnica se usa para actividades que sirven de soporte y tienen una relación directa con otra, el valor de la actividad soporte puede ser determinado de acuerdo con el de la actividad base. Por ejemplo, en el caso de actividades de aseguramiento de la calidad y en actividades de inspección que pueden representar, por decirlo así, un porcentaje del valor ganado de la actividad a la que sirven de soporte.
- **Nivel de esfuerzo.** (LOE, *Level of Effort*). Se asigna un valor a cada actividad para cada periodo de medición. Este Valor Planeado es automáticamente acreditado como Valor Ganado al finalizar cada periodo de medición. Esta técnica se usa por ejemplo, en actividades de Gerencia de Proyecto, ya que también consumen recursos del Proyecto.

Cuando el valor es *planeado y medido* usando las técnicas anteriores, **el valor es ganado** conforme se ejecuta y conforme se termina el **trabajo planeado**. Es decir, **tanto el PV como el EV deben ser programado y medido bajo la misma técnica**, en caso contrario, al aplicar las métricas de desempeño daría lugar a resultados incompatibles.

Las referencias [PMI, 2005] y [Baca, 2007] detallan gráficamente la aplicación de las técnicas de medición de esfuerzos expuestas anteriormente.

La **técnica** más usual **para la medición del trabajo ejecutado** en nuestro país es la correspondiente al **porcentaje terminado**. Esta medición se acostumbra documentar mediante números generadores de obra y estimaciones. Tratándose de obra pública/privada a precios unitarios el avance se determina mediante la relación de la cantidad ejecutada a la fecha de corte dividida por la cantidad total planeada de la actividad.

En determinadas situaciones la valoración del porcentaje de avance completado puede ser complicado, por ejemplo, el caso de algún equipo puede representar un alto porcentaje del importe del proyecto o en otras situaciones gran cantidad de esfuerzo (Horas-Hombre), bajo la normativa de obra pública mexicana este trabajo solo se podría acreditar una vez terminada la actividad. La estrategia que se podría seguir es formular catálogos de conceptos o presupuestos que desglosen las actividades en partes medibles, por ejemplo en el caso de un equipo de instalación permanente, se podría dividir en tres conceptos de trabajo: 1) el suministro del equipo, 2) la instalación del equipo y 3) las pruebas y puesta en marcha, de esta forma se podría acreditar el avance en cada una de esas tres etapas conforme se vayan completando en lugar de esperar que la última se encuentre terminada.

La representación gráfica de las variables del EVM puede hacerse mediante diagramas de Gantt como lo muestra el estándar para la práctica del EVM, y la programación en el tiempo se puede realizar a partir de otras técnicas como PERT, CPM o cualquier otra, en la que se muestren los valores por periodo de tiempo y expresado en unidades comparables. Las variables PV, EV y AC también se acostumbra representarlas mediante curvas "S" de importes acumulados.

A continuación, se definen los cuatro valores básicos del EVM:

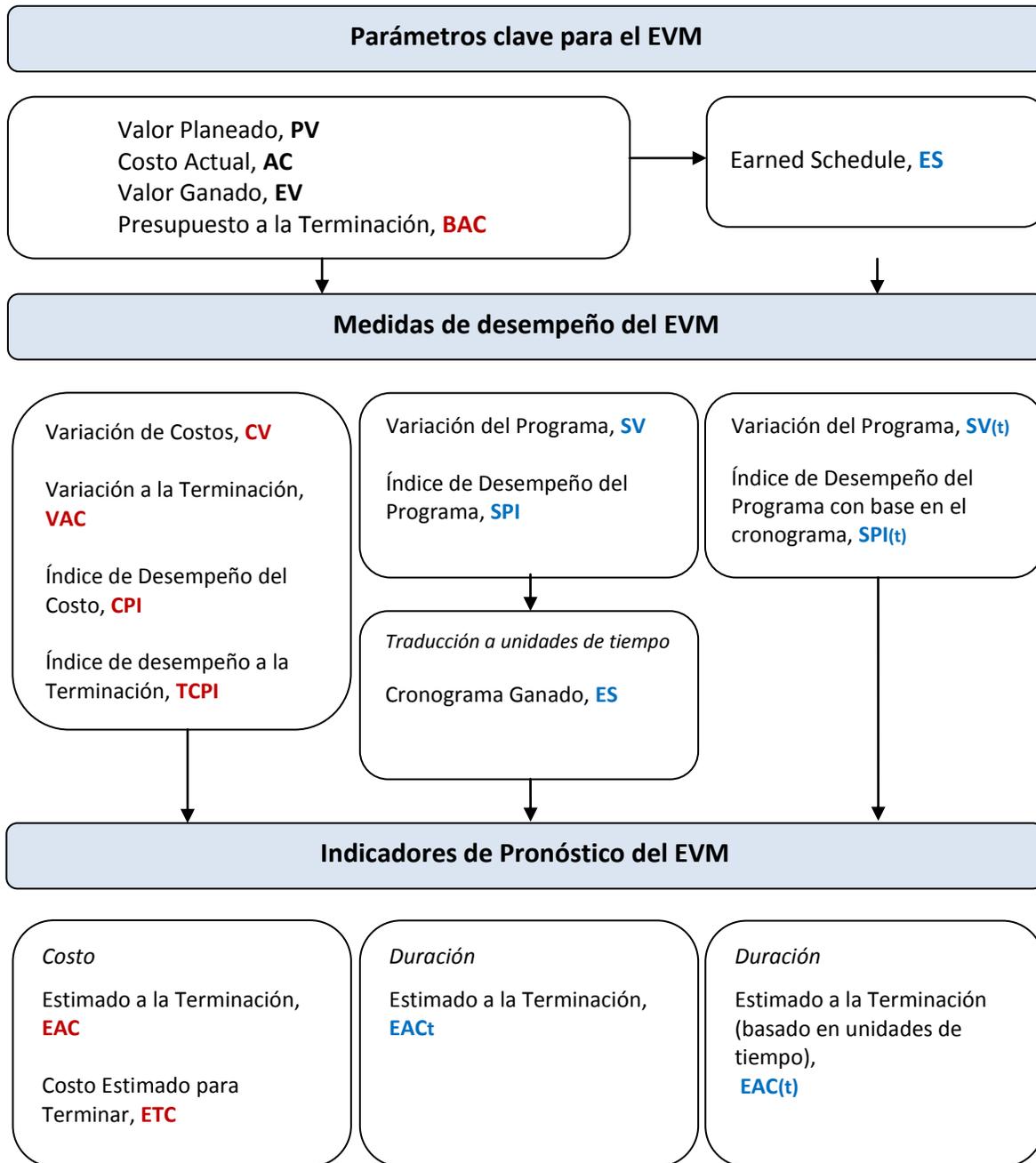
EL VALOR PLANEADO (PV, *Planned Value*). Es el valor del trabajo que debió ejecutarse a una determinada fecha de corte. Constituye propiamente la *línea base* que servirá de referencia para las acciones de control. También se le conoce como ***Budgeted Cost of Work Scheduled*** (BCWS). Usualmente se grafica en lo que conocemos como ***curva "S"*** con valores acumulados en unidades monetarias, desde el inicio hasta la terminación planeada del proyecto.

EL VALOR GANADO (EV, *Earned Value*). Refleja el valor del trabajo ejecutado a la fecha de corte. Representa el avance actual del Proyecto. También se le conoce como ***Budgeted Cost of Work Performed*** (BCWP). Se valora igualmente en unidades monetarias acumuladas. Se expresa conforme al valor planeado, es decir, si el PV se expresa a costo directo (del presupuesto), el EV también expresará a costo directo el trabajo realmente ejecutado.

EL COSTO REAL (AC, *Actual Cost*). Es el importe de los recursos que se han gastado para realizar el trabajo ejecutado EV a determinada fecha de corte. También se le conoce como ***Actual Cost of Work Performed*** (ACWP).

EL COSTO AL TERMINAR (BAC, *Budget at Completion*). Es el costo total planeado para el Proyecto, es el punto final de la Línea Base (PV).

A continuación se muestran las métricas de desempeño: variaciones, índices y pronósticos que se pueden obtener con los cuatro parámetros básicos descritos anteriormente y determinar el estado del proyecto a una determinada fecha de corte.



Fuente: Adaptación de “Administración del Valor Ganado: parámetros clave, medidas de desempeño e indicadores de pronóstico”. [Vanhoucke, 2009].

Las ecuaciones para obtener las métricas del EVM son las siguientes:

CV. Cost Variance. Variación de costos. Muestra si el proyecto está por debajo o por arriba con relación al presupuesto aprobado.

$$CV = EV - AC$$

Expresada en %,

$$CV\% = \frac{CV}{EV} \times 100$$

CPI. Cumulative. Cost Performance Index. Índice de desempeño del costo. Mide que tan eficientemente se están utilizando los recursos. Digamos, es el importe de las actividades ejecutadas a la fecha con respecto al costo de los recursos invertidos.

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

EAC. Estimate at Completion. Estimado al terminar. Costo final estimado del Proyecto en el caso de que la tendencia actual (CPI) continúe a lo largo del Proyecto.

$$EAC = \frac{BAC}{CPI}$$

Las alternativas de cálculo del EAC bajo otros supuestos son las siguientes:

- Costo estimado del proyecto al terminar si el desempeño del costo a futuro es el mismo que el que se tiene a la fecha (CPI).
(fórmula indicada anteriormente)
- Costo estimado del proyecto al terminar si el desempeño del costo a futuro es el mismo que el logrado en los últimos tres periodos i, j, k.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{\frac{EV_i + EV_j + EV_k}{AC_i + AC_j + AC_k}}$$

- Costo estimado del proyecto al terminar si el desempeño del costo a futuro se ve influenciado en forma adicional por el desempeño pasado del programa.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \times SPI}$$

- Costo estimado del proyecto al terminar si el desempeño del costo a futuro se ve influenciado adicionalmente en alguna proporción por ambos índices.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{0.8 CPI + 0.2 SPI}$$

- Costo estimado del proyecto al terminar si el trabajo futuro se va a realizar según la tasa planeada al inicio del proyecto: [PMI, 2013]

$$EAC = AC + BAC - EV$$

- Costo estimado del proyecto al terminar si el plan inicial ya no fuera viable, entonces se emplea un ETC ascendente (recálculo del presupuesto a la terminación): [PMI, 2013]

$$EAC = AC + ETC \text{ ascendente}$$

VAC. *Variance at Completion.* La diferencia entre el costo total planeado para el proyecto y el costo estimado a la terminación. En caso de ser negativa, expresa el costo adicional que sería necesario invertir para la terminación del Proyecto.

$$VAC = BAC - EAC$$

Expresada en %,

$$VAC\% = \frac{VAC}{BAC} \times 100$$

TCPI. *To-Complete Performance Index.* Índice del Desempeño al Terminar. Ayuda a conocer la eficiencia (en el uso de los recursos) que debe conseguirse en el trabajo pendiente de ejecutar a fin de alcanzar la cifra estimada al fin del proyecto (presupuesto total asignado al proyecto). Es la relación entre el presupuesto de los trabajos por ejecutar y el importe de los recursos disponibles a la terminación.

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

Si se toma en cuenta que el BAC pueda dejar de ser viable, se considera la EAC pronosticada y aprobada [PMI, 2013]:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

ETC. *Estimate to Complete.* El costo estimado que se tendrá de la fecha de corte hasta la terminación del Proyecto. Muestra lo que costará el trabajo restante.

$$ETC = EAC - AC$$

SV. *Schedule Variance.* Variación del Programa. Indica la diferencia entre el trabajo que se ha realizado con respecto al trabajo planeado a la fecha de corte.

$$SV = EV - PV$$

Expresada en %,

$$SV\% = \frac{SV}{PV} 100$$

SPI. *Schedule Performance Index.* **Índice de desempeño del tiempo.** Indica la **eficiencia** en el uso del tiempo, es una relación entre el trabajo realizado y el trabajo planeado a la fecha de corte.

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

EAC_t. *Time estimate at Completion.* **Tiempo estimado a la terminación.** Indica el **tiempo total para la ejecución del proyecto**, si el ritmo del trabajo continúa como se ha venido desarrollando.

$$EAC_t = \frac{\frac{BAC}{SPI}}{\frac{BAC}{meses}}$$

BAC / SPI, representa el pronóstico del costo total para el proyecto en función del índice de rendimiento del tiempo.

BAC / meses, representa el costo total planeado vs la duración total planeada del proyecto. Es decir, es un importe promedio que se planea ejercer por mes.

A su vez, la relación entre estos, representa la tendencia que guarda el desempeño actual (SPI) vs el importe planeado promedio por periodo.

Una simplificación a la ecuación para el cálculo de EAC_t, se podría expresar como:

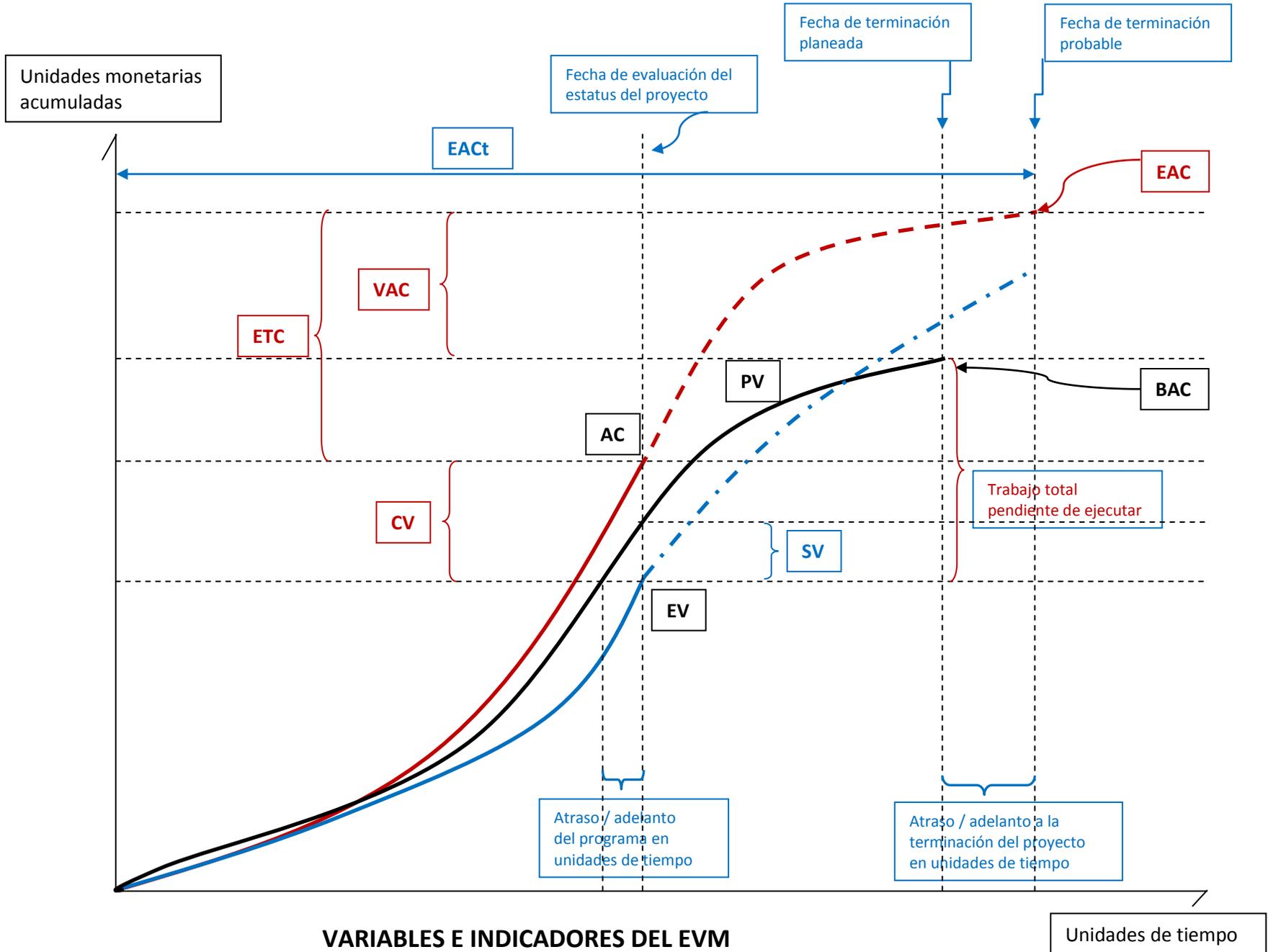
EAC_t = Duración planeada del proyecto / SPI (utilizando unidades monetarias)

EAC(t) = Duración planeada del proyecto / SPI(t) (utilizando unidades de tiempo)

El cálculo del EAC_t ofrece cifras que se deben tomar con reservas y es necesario se complementen con un análisis de Ruta Crítica, pues cuando actividades no críticas se adelantan y otras actividades críticas se retrasan, el índice SPI no mostraría resultados confiables. Debido a esto, el uso de la Ruta Crítica es básico para el seguimiento y control de los proyectos siendo su uso indispensable.

El cálculo del SV y SPI se basa fundamentalmente en unidades monetarias —que es una unidad que uniformiza los datos, sin embargo, el cálculo de los estimados de tiempo es mejor manejarlos en unidades de tiempo y no monetarias. Por esta razón se requiere el uso del ES (*Earned Schedule*) como un análisis complementario al EVM [Anbari, 2003] [Henderson, 2003] [Lipke, 2003].

Una vez descritas las definiciones de los indicadores del EVM, sus significados en la práctica de la industria de la construcción mexicana y algunos factores para su implementación, a continuación se muestra una representación gráfica típica de dichas métricas. En la gráfica se observa que los costos en que se ha incurrido (AC) para la ejecución del avance físico que se reporta (EV) son mayores y, por otra parte, el trabajo realizado a la fecha (EV) está por debajo del trabajo programado (PV). Es decir, el proyecto está costando más y el tiempo de ejecución presenta atraso respecto a lo planeado.



Los resultados de las métricas anteriores se interpretan con la siguiente tabla:

| Medidas de desempeño | | Programa | | |
|----------------------|----------------|---|---------------------------------------|---|
| | | SV>0 y SPI>1.0 | SV=0 y SPI=1.0 | SV<0 y SPI<1.0 |
| Costo | CV>0 y CPI>1.0 | Adelanto en el programa Dentro del presupuesto | En programa Dentro del presupuesto | Atraso en el programa Dentro del presupuesto |
| | CV=0 y CPI=1.0 | Adelanto en el programa En presupuesto | En programa En presupuesto | Atraso en el programa En presupuesto |
| | CV<0 y CPI<1.0 | Adelanto en el programa Arriba del presupuesto | En programa Arriba del presupuesto | Atraso en el programa Arriba del presupuesto |

Fuente: Interpretación de las medidas de desempeño básicas. [PMI, 2005].

El estándar para la práctica del EVM [PMI, 2005] advierte que **las métricas** de SV y SPI **se basan generalmente en unidades monetarias y no en tiempo**. Este hecho podría conducir a que los indicadores SV y SPI fallen para reflejar el estatus real del tiempo del proyecto. Por ejemplo, si de antemano se sabe que un proyecto no se terminó en la fecha planeada, los indicadores en la fecha real de terminación (con retraso) arrojan los siguientes resultados: $SV = EV - PV = 0$ y $SPI = EV / PV = 1.0$, lo que daría una idea falsa de que el programa está en tiempo. La explicación es sencilla, estos valores convergen en el punto en que se termina el proyecto independientemente de que la terminación sea a tiempo o no, pues EV se hace igual al PV en ese punto. Lipke (2003) dice que el problema es que el cálculo de los indicadores de tiempo se basa en el PV.

Debido a lo anterior, el estándar para la práctica del EVM también hace mención que **existen otras métricas** para la medición del desempeño y pronóstico del tiempo del proyecto, **basadas en unidades de tiempo**.

Las referencias que describen la extensión al EVM conocida **como Earned Schedule** se pueden encontrar en: [Anbari, 2003] [Henderson, 2003] [Lipke, 2003] [Vandeevorde & Vanhoucke, 2005].

Por otra parte, el estándar para la práctica del EVM recomienda **establecer** umbrales o **límites de control** para ejercer alguna acción preventiva y/o correctiva. Por ejemplo, una variación de costo puede ser aceptable en +/- 10%, aunque este parámetro deberá ser establecido por el usuario del EVM.

Se podría requerir acciones preventivas y/o correctivas cuando, por ejemplo, el índice de desempeño del costo (CPI) se encuentre dentro de los límites considerados como aceptables pero tenga tendencias a continuar disminuyendo durante varios periodos consecutivos de monitoreo.

El estándar para la práctica del EVM recomienda emplear diferentes formas de **representación** como son:

- Gráficas de CV%
- Gráficas de CPI a lo largo del tiempo
- Curvas "S".
- Tablas de datos.
- Diagramas de barras.

Estas representaciones muestran las **tendencias** de ambas variables (costo y tiempo) y se podría iniciar con el análisis del estatus a nivel proyecto. Posteriormente se podría ir descomponiendo en paquetes a mayor nivel de detalle hasta inclusive el monitoreo del estatus de una actividad y así detectar la(s) posible(s) causa(s) de las desviaciones.

La presentación de la información dependerá de los involucrados del proyecto a quienes se les rendirán los informes, por ejemplo, a nivel global del proyecto, al nivel de frentes/partidas o al nivel de actividades. El Gerente del Proyecto seguramente requerirá mayor nivel de profundidad para la toma de decisiones.

Se recomienda revisar el estatus del proyecto a niveles inferiores, ya que en niveles superiores de la WBS/EDT pueden no presentarse desviaciones en costo y tiempo y en niveles inferiores si se pueden detectar.

El estándar para la práctica del EVM aclara que el método EVM solamente es un conjunto de herramientas y técnicas que permiten conocer el estatus de un proyecto (en costo y tiempo), pero el desempeño no es simplemente una función de la ejecución sino que depende también de la calidad de la planeación y del control. **El EVM no revela las causas del desempeño.** Deberá recaer en los administradores de proyectos y sus colaboradores la responsabilidad de analizar la causa de las desviaciones detectadas por el método EVM y buscar alternativas para devolver el proyecto a los parámetros establecidos de costo y tiempo.

En nuestro país uno de los principales problemas para llevar a cabo los proyectos de una forma exitosa, en cuanto al tiempo y presupuesto establecidos, consiste en la deficiencia en la planeación [ASF, 2012] [Méndez, 2013] [Ponce y Córdova, 2013]. En otros países ocurre lo contrario, por lo que hacer uso del EVM con una Línea Base de Desempeño bien planeada facilita la aplicación de las métricas y su seguimiento. Adicionalmente a la deficiente planeación, los proyectos de restauración implican numerosos cambios a la PMB durante la ejecución, por lo que en ocasiones se confunde la idea de que el EVM permite pronosticar el presupuesto a la terminación (BAC), pero el método solamente incluye pronósticos de los costos incurridos para la ejecución del avance.

1.3. Métricas de desempeño global de un Proyecto. [DoE – OAPM, 2014]

Las métricas descritas en el apartado anterior corresponden al estándar para la práctica del método del valor ganado emitido por el [PMI, 2005], sin embargo, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DoE) a través de su Departamento de Adquisiciones y Administración de Proyectos incluye algunas otras métricas para mostrar el estatus global de los proyectos, no contenidos explícitamente en el estándar del PMI.

Las métricas que se describen en este apartado son complementarias y de hecho podrían considerarse como las más elementales. Estas métricas son de uso común en la industria de la construcción mexicana y se describen a continuación.

% PROGRAMADO. Corresponde al valor del trabajo que debió haberse ejecutado (conforme al programa original o el último programa aprobado) a la fecha de corte con respecto al valor total del trabajo por realizar en el proyecto.

$$\% \textit{Programado} = \frac{PVcum}{BAC}$$

% EJECUTADO. Corresponde al valor del trabajo realmente ejecutado (conforme a la medición de los avances) a la fecha de corte con respecto al valor total del trabajo por realizar en el proyecto.

$$\% \textit{Ejecutado} = \frac{EVcum}{BAC}$$

% EROGADO/GASTADO DEL PRESUPUESTO. Corresponde al valor de los recursos invertidos (conforme a los registros contables) para la ejecución de los trabajos acreditados como avance a la fecha de corte con respecto al valor total del trabajo por realizar en el proyecto.

$$\% \textit{Erogado} = \frac{ACcum}{BAC}$$

TRABAJO POR EJECUTAR (WR, Work Remaining). Corresponde a la diferencia del valor total del presupuesto aprobado para la terminación del proyecto con respecto al valor del trabajo ejecutado a la fecha de corte.

$$WR = BAC - EVcum$$

1.4. Cronograma Ganado (*Earned Schedule, ES*): una extensión al Método del Valor Ganado.

En la sección anterior se comentó que las métricas del EVM se basan generalmente en unidades monetarias. [Lipke, 2003] apunta que posiblemente por esta razón la mayoría de los administradores de proyectos ponen más atención a los costos que al tiempo. Se piensa que conociendo el comportamiento del costo, el programa de ejecución seguirá la misma tendencia. Lo cierto, dice Lipke, es que existe una relación entre el costo y el tiempo pero no es una relación igual para todos los tipos de proyectos. Por esta razón, también es necesaria la administración del tiempo con sus propios indicadores.

El problema de evaluar los indicadores del tiempo a partir de unidades monetarias radica en que no aporta resultados confiables pues el SV y SPI durante la última tercera parte de la ejecución del proyecto exhiben un comportamiento anómalo [Lipke, 2003], periodo en el que es más crítico contar con medidas confiables (pronósticos) de la fecha de terminación del proyecto, debido a que en ese momento es de mayor utilidad saber si el proyecto terminará en tiempo para cumplir con los compromisos contraídos de entrega y puesta en operación o bien, dar un siguiente paso o etapa en el proyecto [Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005].

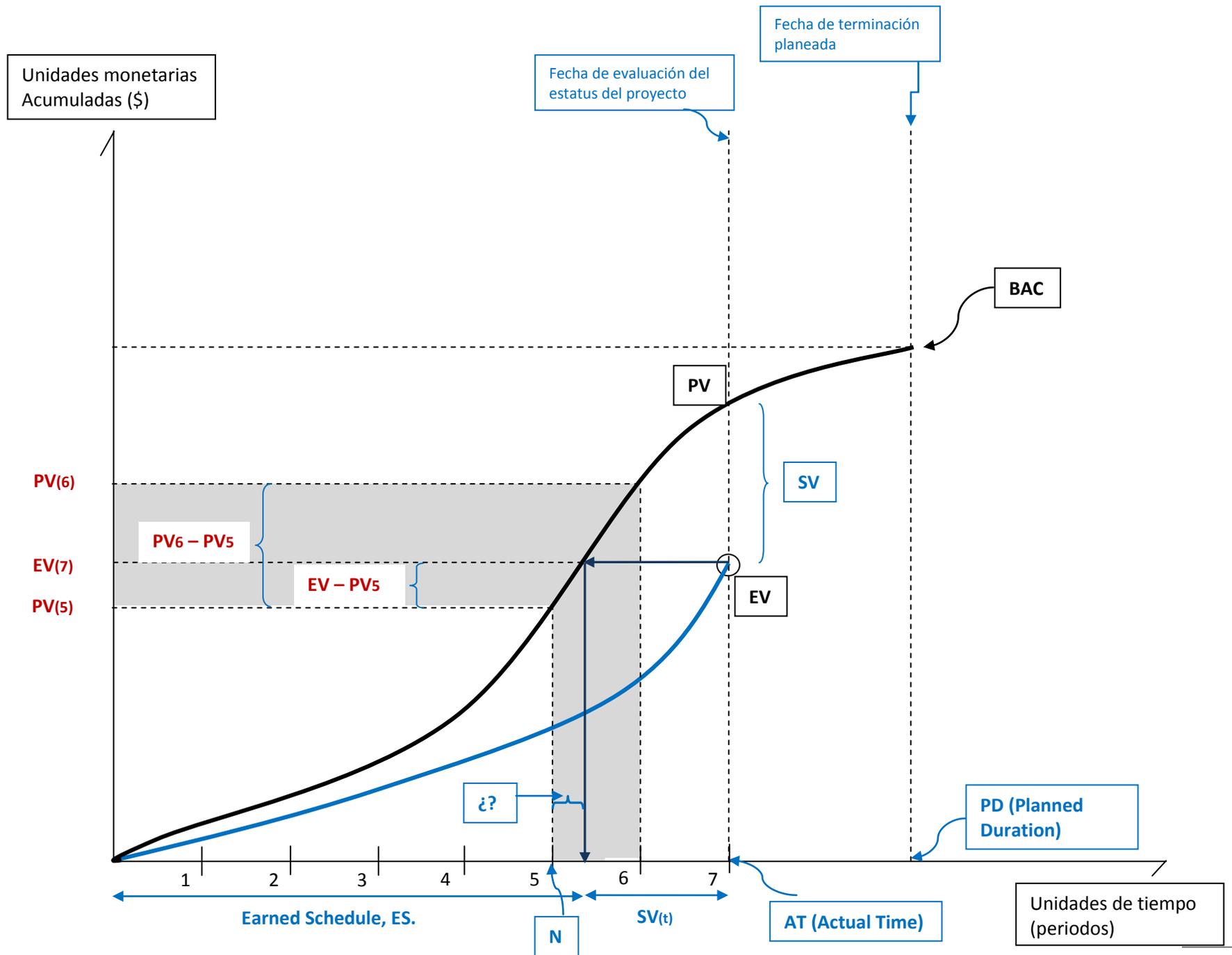
Lipke ofrece una solución al problema proponiendo el concepto de ES (*Earned Schedule*) y posteriormente Henderson [Henderson, 2004] continúa con el desarrollo del método.

El “cronograma ganado” o (ES) es simple, consiste en **identificar el tiempo en el que el importe del avance físico (EV) debió ser ejecutado con respecto al programa de ejecución inicial (PV)**. [Henderson, 2004].

El **procedimiento para obtener el (ES)** es el siguiente: a partir del punto de la curva (EV) en una determinada fecha de revisión de los avances del proyecto, se traza una línea horizontal hacia adelante o hacia atrás hasta la curva del avance planeado (PV), en este punto de intersección se traza una línea vertical hacia el eje horizontal (escala de tiempo) y en esa intersección se obtiene el “cronograma ganado” (ES). Si bien, reconoce Lipke, este indicador no es un concepto nuevo, Lipke desarrolla a partir del (ES) los demás indicadores de desempeño complementarios al EVM como son: la variación del programa $SV(t)$, los índices de eficiencia de uso del tiempo $SPI(t)$ e indicadores de pronóstico $EAC(t)$.

En contraste con el SV basado en importes (también representado como $SV(\$)$), el $SV(t)$ se expresa en unidades de tiempo, lo que hace más fácil su interpretación.

En la siguiente gráfica se muestra este concepto.



El tiempo actual (**AT, Actual Time**) generalmente coincide con un periodo exacto de medición del desempeño del proyecto, por ejemplo mensual o quincenal (digamos, el mes 7).

A continuación, se debe encontrar el período en el que se ubica el **ES**. En este ejemplo **ES** se encuentra en el periodo 6 (el periodo 5 mas una fracción del periodo 6). Trasladando horizontalmente desde el **EV** del periodo de revisión hacia la izquierda hasta encontrar la curva **PV** y bajar a partir de ésta intersección al eje de las unidades de tiempo.

La fracción corresponde a una interpolación lineal entre los límites del periodo en el que se encuentra ES. Los valores tomados son los importes planeados PV en los límites de dicho periodo (PV6 y PV5), mientras el importe del EV corresponde al periodo de revisión (EV7). Esta distinción es muy importante para el cálculo correcto del ES pues considerar los valores de PV en el periodo actual podría modificar los resultados por el cambio de la pendiente de la curva.

El cronograma ganado (ES) se representaría en una ecuación de la siguiente forma:

$$EScum = N + \frac{EV \text{ del periodo de revisión} - PV \text{ del límite inferior}}{PV \text{ del límite superior} - PV \text{ del límite inferior}}$$

Donde **N** es el número de periodo anterior a aquel en el que se encuentra el ES (en nuestro ejemplo sería el mes 5).

Otra representación en días sería:

$$EScum = AT(\text{periodo anterior}) + \frac{EV \text{ del periodo de revisión} - PV \text{ del límite inferior}}{PV \text{ del límite superior} - PV \text{ del límite inferior}} \times \text{días del periodo}$$

AT corresponde a los días transcurridos según el programa de ejecución hasta el periodo anterior en el que se ubica EV. El segundo término de la ecuación (la división) es una interpolación en días, donde los días del período corresponden a aquel en el que se encuentra el ES.

El nuevo indicador propuesto por Lipke para la medición de la variación del tiempo sería:

$$SV(t) = EScum - AT$$

- Donde:
- SV(t)** *Schedule Variance*, es la variación en el programa, en unidades de tiempo.
 - EScum** es el *earned Schedule* (cronograma ganado) acumulado, en unidades de tiempo.
 - AT**, *actual time*, es el periodo actual de medición del desempeño.

El índice de desempeño del tiempo es:

$$SPI(t) = \frac{EScum}{AT}$$

Donde: **SPI(t)** *Schedule Performance Index*, es el índice de desempeño del tiempo.

Si **SV(t) < 0**, el proyecto se encuentra en retraso.

Si **SV(t) > 0**, el proyecto está adelantado en el programa.

Si **SPI(t) < 1**, el proyecto se encuentra en retaso.

Si **SPI(t) > 1**, el proyecto presenta un rendimiento del tiempo mejor que el planeado.

Si el tiempo actual (**AT**) al comienzo o al final del proyecto **no coincide con un periodo completo** de la escala de tiempo elegida, el valor del **AT se calcula usando una fracción del periodo trabajado**. Es decir, la fracción del periodo a considerar corresponde a los días hábiles que se trabajarán en el periodo en cuestión dividido entre el total de días hábiles del periodo. Esto es aplicable por ejemplo en el caso de que un proyecto analizado en periodos mensuales no inicie en el día 1 del mes sino en el día 18.

[Lipke, 2003] señala que **el comportamiento de los indicadores del (ES) es estable a lo largo de todo el tiempo de ejecución del proyecto**, a diferencia de los indicadores basados en unidades monetarias que muestran una tendencia adecuada en las primeras dos terceras partes del periodo total de ejecución pero mantienen latente la incertidumbre en qué momento dejarán de ser confiables dentro de la última tercera parte del mismo.

Henderson extiende el trabajo de Lipke proponiendo los siguientes indicadores de pronóstico de la duración total del proyecto [citado por Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005].

IEAC(t) = EAC(t), *Independent Estimate at Completion (time)*. Estimado Independiente a la Terminación (en unidades de tiempo). Es un indicador de pronóstico del tiempo (duración total del proyecto), basado en unidades de tiempo.

$$EAC(t) = \frac{PD}{SPI(t)}$$

Donde: **EAC(t)**, es un indicador equivalente al EAC basado en costos, pero en este caso basado en unidades de tiempo.

PD, *Planned Duration*. Duración Planeada del proyecto.

SPI(t), *Schedule Performance Index (time)*. Índice de Desempeño del Programa en unidades de tiempo.

$$EAC(t) = AT + \frac{(PD-ES)}{PF(t)}$$

Donde: **EAC(t)**, es un indicador equivalente al EAC basado en costos, pero en este caso basado en unidades de tiempo.
AT, *Actual Time*. Período actual.
(PD - ES) = PDWR, *Planned Duration for Work Remaining*. Duración planeada del trabajo pendiente de ejecutar.
PF(t), *Performance Factor*. Factor de Desempeño que depende de las siguientes suposiciones de la tendencia del proyecto:

Si, **PF(t) = 1**, el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado.

$$EAC(t) = AT + \frac{(PD-ES)}{1} = AT + (PD - ES)$$

Si, **PF(t) = SPI(t)**, el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t).

$$EAC(t) = AT + \frac{(PD-ES)}{SPI(t)}$$

Si, **PF(t) = SCI(t)**, el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI. Este supuesto es propuesto por [Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005]

$$EAC(t) = AT + \frac{(PD-ES)}{CPI \times SPI(t)} = AT + \frac{(PD-ES)}{SCI(t)}$$

TCSPI(t) = SPI(t) to go, *To complete Schedule Performance Index (time)*. Índice de desempeño a la terminación (en unidades de tiempo). Es un indicador del desempeño del tiempo que se debería conseguir para la terminación del proyecto en el tiempo inicialmente planeado.

$$TCSPI(t) = \frac{PD-ES}{PD-AT}$$

Donde: **PD**, *Plan Duration*. Duración Planeada del proyecto.
ES, *Earned Schedule*. "Cronograma Ganado".
AT, *Actual Time*. Período actual.

Una variante de la ecuación anterior consiste en una evaluación a partir de reconocer un incremento inminente al periodo de ejecución original (LRS, *Latest Revised Schedule*).

$$TCSPI(t) - LRS = \frac{PD-ES}{LRS-AT}$$

Donde: **PD**, *Plan Duration*. Duración Planeada del proyecto.
ES, *Earned Schedule*. "Cronograma Ganado".
AT, *Actual Time*. Periodo actual.
LRS, *Latest Revised Schedule*. Por ejemplo, si el periodo para la terminación era el mes 9, y la tendencia es terminar en el mes 12, en el mes 10 y en el mes 11 se podría hacer el cálculo del TCSPI con base en el último programa revisado para conocer su tendencia en esos periodos.

IECD. *Independent Estimated Completion Date*. Es la fecha estimada de terminación del proyecto.

$$IECD = Fecha\ de\ inicio + IEAC(t)$$

[Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005] mediante un estudio comparativo de tres métodos de pronóstico del tiempo llevaron a cabo la **validación de los indicadores del (ES)**. Los tres métodos revisados en dicho estudio son:

- **Método del Valor Planeado** (*Planned Value Method*) propuesto por [Anbari, 2003]. Se basa en la obtención del importe promedio de avance programado por unidad de tiempo (PVrate). Asume que la variación del programa (TV) se puede traducir en unidades de tiempo dividiendo SV / PVrate. Así, TV = SV/PVrate. La tasa promedio de avance por unidad de tiempo también es un indicador de uso común en México, pues en la práctica profesional es frecuente utilizar (por ejemplo) importes de producción mensuales para tener una idea de la cantidad de los recursos que se deberán invertir en cada periodo del proyecto (como una medida de capacidad financiera) y de la posibilidad de terminación a tiempo de un proyecto (como una forma de detectar si un programa de ejecución es factible o no).
- **Método de la Duración Ganada** (*Earned Duration Method*) propuesto por Jacob en 2003 y desarrollado por Jacob y Kane en 2004. Se basa en que la Duración Ganada (ED) se puede obtener a partir del producto de la Duración Actual (AT) y el Índice de Desempeño del Programa (SPI), expresado mediante la siguiente ecuación: ED = AT x SPI.
- **Método del Cronograma Ganado** (*Earned Schedule*). Este método es el que se ha descrito en este documento como (ES).

En el caso de un programa de ejecución (PV) lineal, los tres métodos muestran resultados similares por las siguientes razones [Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005]:

1. Los tres métodos aplican los mismos indicadores básicos: EV, PD y PV.
2. Los tres métodos utilizan ecuaciones lineales.
3. Los valores planeados son también lineales.

Sin embargo, para el caso de un programa de ejecución (PV) con la **forma de una curva “S”**, como ocurre en la realidad en la mayoría de los proyectos de construcción, los valores pronosticados de tiempo son diferentes en los tres métodos. Para evitar estas diferencias se sugiere que se utilicen menores incrementos de tiempo en cada periodo, de esta forma, los intervalos de tiempo que exhiben un comportamiento curvo del PV se acercan más a la idealización de una recta.

La prueba realizada por Vandervoerde y Vanhoucke en tres proyectos con características diferentes (terminación con retraso pero dentro del presupuesto, terminación con retraso y por arriba del presupuesto, terminación en tiempo pero por arriba del presupuesto) muestra que **de los tres métodos, el (ES) arroja los resultados más confiables a lo largo de toda la vida del proyecto**. Mientras que los métodos del Valor Planeado y de la Duración Ganada son menos confiables al final del proyecto.

1.5. Generalidades del pronóstico en tiempo y costo.

Los estimados a la terminación —*Estimate at Completion* EAC, EAC(t)— tanto en costo como en tiempo, se calculan a partir del costo actual (AC) o del tiempo actual (AT) más el estimado para la terminación (ETC). Esto se puede expresar mediante las siguientes ecuaciones:

$$EAC = AC + ETC$$

$$EAC(t) = AT + ETC(t)$$

[Anbari, 2003] plantea seis casos para la estimación del costo y del tiempo a la terminación del proyecto. En las ecuaciones anteriores se observa que tanto el costo actual (AC) como el tiempo actual (AT) son variables conocidas. Estos seis casos de análisis dependerán de los supuestos para la determinación de la variable Estimado para la Terminación (ETC, *Estimated to complete*) de costo y tiempo respectivamente.

- **Caso 1.** Determinación del costo/tiempo necesario para la terminación de un proyecto a partir de **nuevos estimados de costos ó tiempo** (mediante un nuevo presupuesto detallado / nuevo programa de ejecución), respectivamente, **para el trabajo pendiente de ejecutar**.
- **Caso 2.** Cuando el análisis muestra que el desempeño pasado no es un buen supuesto para el pronóstico del desempeño futuro del proyecto. Los problemas u oportunidades que afectaron el desempeño en el pasado no ocurrirán en el futuro y **el desempeño futuro será paralelo al plan original**. En este caso, el estimado a la terminación (EAC) será igual a la suma del AC ó AT más el costo o tiempo del trabajo pendiente de ejecutar (BAC-CV) ó (PD-SV).
- **Caso 3.** Cuando el análisis actual muestra que el desempeño pasado es una buena base para el pronóstico del desempeño futuro, que **la tendencia del desempeño actual continuará en el futuro** y que las eficiencias o ineficiencias observadas a la fecha prevalecerán hasta la terminación, el estimado a la terminación será la suma del costo actual (AC) o del tiempo actual (AT) más el trabajo pendiente afectado por un factor (CPI) ó SPI(t). Esta es la alternativa de cálculo propuesta por el PMI.

- **Caso 4.** Cuando el **desempeño futuro será mucho mejor que el plan original** y el incremento del costo o el retraso del proyecto se compensará en el futuro. Anbari dice que este caso es muy poco probable pues las deficiencias administrativas en los proyectos no se arreglan por sí solas.
- **Caso 5. El desempeño del costo y el desempeño del tiempo son indicadores inseparables.** Cuando se asume que si el proyecto se encuentra por arriba del costo o atrás en el programa de ejecución, regresar el proyecto al programa implicará un aumento en el costo, mediante el uso de tiempo adicional o más recursos. Por otra parte, si el proyecto se encuentra adelantado en el programa de ejecución, se podrán presentar oportunidades para la disminución del costo del proyecto. Este método de cálculo consiste en la determinación del ETC en función de la combinación de los índices de desempeño de costo y tiempo: $CPI \times SPI(t)$.
- **Caso 6.** Este ocurre cuando el **costo excede demasiado al original o el tiempo excederá mucho al programa de ejecución original**. En estos casos prácticamente no es cuantificable el costo/tiempo para la terminación del proyecto. Anbari señala que este caso desafortunadamente ocurre con mucha frecuencia.

Es por demás interesante la descripción de estos seis casos ya que exponen con gran amplitud las situaciones que se pueden presentar en la realidad.

El uso de herramientas como el CPM y/o PERT para pronosticar la duración total del proyecto se encuentra en el caso 2. El EVM parte de los supuestos descritos en el caso 3 y en el caso 5 cuyas ecuaciones han sido descritas en los apartados anteriores de este trabajo, es decir, ***el EVM se basa en el supuesto de que el desempeño pasado pronostica adecuadamente el desempeño futuro de un proyecto, que el desempeño a la fecha continuará en el futuro y que las eficiencias o ineficiencias observadas a la fecha prevalecerán hasta la terminación del proyecto*** [Anbari, 2003].

En relación a la toma de decisiones, Anbari destaca que cada caso se materializará dependiendo enormemente de las decisiones y acciones tomadas por el administrador de proyectos, el equipo del proyecto y de la organización, por lo que se requiere una mejor planeación y mejores decisiones.

[Chen & Zhang, 2012] por su parte, recogen muchas otras investigaciones relativas al pronóstico del costo y tiempo realizadas en los últimos años, donde el interés en el estudio de estas variables ha conducido a plantear métodos alternativos y/o complementarios como los siguientes:

- Aplicación de métodos estadísticos. Modelo Bayesiano. Modelos basados en regresiones.
- El método de pronóstico usando “filtros de Kalman” consistente en predicciones probabilísticas de la duración del proyecto a la terminación.
- Análisis de Weibull para evaluar estocásticamente el desempeño de cronogramas en proyectos de construcción.
- Debido a que el PV no es lineal, se han desarrollado curvas “S” para diferentes tipos de proyectos con el fin de interpolar el valor de $SPI(t)$ y obtener pronósticos más cercanos a la realidad.
- El uso de curvas-S estocásticas, para obtener pronósticos y evaluar las mejoras al desempeño resultado de acciones correctivas emprendidas.
- Aplicación del concepto de Adherencia al Cronograma (*Schedule Adherence*) para la identificación de interrupciones, restricciones en algunas actividades y el retrabajo.

- La programación dinámica integrando el análisis de riesgos y el EVM.
- La precisión de las métricas de pronóstico en función de cronogramas con diferentes grados de "criticidad" o de actividades sin holgura.
- Estabilidad de los índices de desempeño (CPI).
- Índices y estimados basados en "números difusos" (*fuzzy numbers*).
- La incorporación de métricas de control de calidad a los indicadores del EVM.
- Nuevas métricas del EVM considerando la incertidumbre en los proyectos.

1.6. Ventajas e importancia, desventajas y limitaciones del EVM.

Ventajas/importancia del EVM.-

[Lipke, 2003] identifica las siguientes ventajas del EVM:

- Es una poderosa herramienta para el seguimiento de proyectos y la toma de decisiones.
- El EVM es una excelente herramienta para la comunicación con la gerencia.
- Mediante el uso de herramientas estadísticas se pueden hacer pronósticos del desempeño en costo y tiempo del proyecto.
- Es posible emplear la información histórica de los indicadores del EVM relativa a proyectos anteriores en la planeación de nuevos proyectos.

La importancia del EVM para [Naderpour & Mofid, 2011], radica en que permite la obtención de información detallada del proyecto en cuanto a:

- Obtención de alarmas tempranas cuando se detectan situaciones que deterioran el desempeño del proyecto brindando la oportunidad de hacer algo antes que sea demasiado tarde.
- Pronósticos confiables que permiten emprender acciones en el transcurso del proyecto.
- Pronósticos confiables que permiten tomar mejores decisiones relativas a aspectos externos al proyecto que dependerán del progreso del mismo.
- El conocimiento del desempeño del proyecto permitirá mejorar la confianza del dueño del proyecto.
- Mitigar los riesgos cuando el proyecto se encuentra bajo condiciones críticas.
- Cuando los riesgos del costo y tiempo del proyecto recaen en la empresa ejecutora, el EVM es la mejor alternativa para el control de proyectos.

Los principales beneficios de la implementación del EVM identificados por Valle y Soares, citado por [Chen & Zhang, 2012] son:

- Integración de la administración del costo, del progreso y del tiempo.
- Una mejor visión del proyecto en términos del cumplimiento del alcance y procura.
- Alerta temprana de los problemas.
- Prevención de las tendencias de desviaciones en los proyectos.
- Reducción del tiempo para percibir y entender los problemas y dar posibles soluciones.
- Es un apoyo para las negociaciones y procesos de toma de decisiones.
- Motivación al equipo del proyecto para implementar procesos de control de proyectos.

Cuando el programa de ejecución de un proyecto tiene una estructura lineal, el EVM proporciona valores muy confiables de estimados a la terminación del programa [Vanhoucke, 2009]. Este aspecto es de gran interés en los proyectos de infraestructura, pues las métricas del EVM serán muy útiles en construcción de caminos, líneas de transmisión de energía eléctrica, acueductos, etc., en los que la programación es prácticamente lineal.

La importancia e impacto de la implementación del EVM en una PyMe organizada por proyectos consiste en que evaluando el desempeño de los proyectos, el EVM podría contribuir a la obtención de una medida del desempeño global de la empresa.

Desventajas/limitaciones del EVM.-

Para obtener métricas que realmente reflejen el desempeño del proyecto se deberá tener cuidado con la **calidad y oportunidad de la información**. Dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto y de quién genera la información será necesario verificar estas características de los datos.

El EVM **no incluye indicadores financieros del proyecto**. Dependerá del punto de vista en el que se aplique, ya sea de la empresa ejecutora o de la entidad contratante. A una empresa ejecutora le llamará la atención conocer el **estatus de los ingresos** con respecto a los trabajos ejecutados para que en función de ello realicen los esfuerzos necesarios para cerrar la brecha que pudiera existir entre las fechas en que se ejecutan los trabajos y la fecha en que se genera el ingreso. Por otra parte, a una entidad contratante le podría interesar si la(s) empresa(s) ejecutoras están **invirtiendo los recursos suficientes**, temas que no forman parte de los indicadores del EVM.

Es importante puntualizar que el enfoque del EVM toma como punto de partida la medición del avance físico del proyecto (EV). Los indicadores del EVM emplean como “pivote” al EV. Ver por ejemplo los indicadores relativos a las desviaciones CV y SV así como los índices CPI y SPI. Estos valores dan una idea del desempeño del proyecto con respecto al valor de su avance físico.

También es importante puntualizar que los indicadores de pronóstico del EVM se basan en el **supuesto de que el desempeño futuro del proyecto seguirá la misma tendencia del desempeño en el pasado**.

El EVM es una herramienta de control durante la ejecución, por lo que **no sustituye a los procesos y áreas de conocimiento de otros grupos de procesos de la Administración de Proyectos**. El proyecto debe contar con un importante esfuerzo de planeación ya que el punto de partida del control es la comparación contra los valores planeados. Si estos valores no están adecuadamente determinados —tanto en términos del presupuesto (que sea realista), como en términos del tiempo (que sea factible)— los esfuerzos de control durante la ejecución serán vanos, pues numerosas actividades tendrían que ser adicionadas y otras descartadas (modificación de los alcances) y habría lugar a continuas reprogramaciones.

Los **indicadores tradicionales de CPI y SPI presentan fallas en proyectos con retrasos en la última tercera parte de la ejecución del proyecto**. [Lipke, 2003], por lo que el EVM se deberá complementar con el análisis del Cronograma Ganado (ES).

La principal desventaja del EVM en relación al pronóstico del tiempo, consiste en que sus métricas no distinguen la diferencia entre las actividades críticas y las actividades no críticas [Vanhoucke & Shtub 2011], ya que cuando actividades no críticas están adelantadas en el cronograma podrían esconder actividades críticas que se encuentran con atraso, concepto de adherencia del cronograma (*schedule adherence*).

De manera similar, los principales obstáculos para la implementación del EVM [Valle y Soares (2006), citado por Chen & Zhang, 2012] incluyen:

- *El costo y complicaciones para su implementación y la gran cantidad de papeleo que podría implicar su uso.* Debido a la inversión en programas informáticos o la necesidad de incrementar personal para realizar trabajos de control.
- *Un entendimiento pobre del método,* por parte de quienes realizarían el cálculo y de quienes reciben e interpretan la información a un nivel ejecutivo.
- *Desconfianza y conflicto entre los administradores de proyectos, los consultores y las entidades contratantes.* En algunas ocasiones no interesa comunicar los indicadores del EVM, especialmente cuando se trata de malas noticias.
- *La no disponibilidad de información integrada del costo y tiempo.* Por ejemplo, cuando no se tienen registros de datos por deficiencias en el control interno.
- *Desde el punto de vista de la práctica profesional, la precisión de los indicadores de desempeño puede considerarse cuestionable y el resultado de los análisis del EVM no están explícitamente conectados con posibles acciones administrativas preventivas y/o correctivas.* Por ejemplo, cuando la percepción de los usuarios es que el EVM no es confiable; cuando no se usa el EVM periódicamente a lo largo del proyecto o los resultados obtenidos no son analizados, no se identifican las causas y no se emprenden acciones.

Otras conclusiones de [Chen & Zhang, 2012] incluyen:

- Complementar los indicadores obtenidos en el EVM con un análisis detallado del cronograma.
- Los indicadores del EVM son lineales, lo que implica que si los valores PV, EV y AC siguen un comportamiento en forma de curvas-S, podrían resultar potencialmente erróneos.
- La precisión de las fórmulas del EVM depende de factores específicos de cada proyecto, por lo que las investigaciones futuras deberán conducir a la obtención de índices de desempeño más precisos para cada tipo de proyecto.

Capítulo 2.

La Implementación del Método del Valor Ganado.

2.1. El seguimiento y control de proyectos mediante el EVM y el estándar PMI-PMBOK.

En este apartado se describen las interacciones entre los procesos de control y los demás grupos de procesos propuestos por el estándar PMBOK, con el objetivo de comprender el **contexto en el que se utiliza el EVM** como parte de la Administración de Proyectos. Las principales referencias de este apartado son el PMBOK en su 5ª edición [PMI, 2013] y la extensión del PMBOK para proyectos de construcción en su 2ª edición [PMI, 2007].

El PMBOK [PMI, 2013] señala que el EVM es una **metodología** que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y avance de un proyecto. Más adelante indica que el EVM es una **técnica** de Dirección de Proyectos y detalla la metodología en la sección relativa a **herramientas y técnicas para controlar los costos del proyecto (sección 7.4.2.1)**.

El EVM es parte de los **activos de los procesos de la organización**. Es decir, forma parte de los planes, los procesos, las políticas, los procedimientos y las bases de conocimiento específicos de la organización ejecutora y que son utilizados para la Administración de Proyectos (sección 2.1.4).

Los grupos de procesos y procesos para la Administración de Proyectos requieren información del desempeño del proyecto, tanto entradas como salidas, definidas en los siguientes tipos: [PMI, 2013] (sección 3.8)

4. **Datos de desempeño del trabajo** (*work performance data*). Son las **observaciones y mediciones directas** identificadas durante la ejecución de las actividades. Por ejemplo: % terminado, medidas de desempeño técnico y de calidad, fechas de comienzo y terminación de las actividades planificadas, el número de solicitudes de cambio, costos reales, duraciones reales, etc.
5. **Información de desempeño del trabajo** (*work performance information*). Son los **datos de desempeño** recopilados por varios procesos de control, **analizados** en contexto e **integrados en base a las relaciones entre las áreas**. Por ejemplo: estado de los entregables, el estado de implementación de las solicitudes de cambio y las estimaciones a la terminación previstas.
6. **Informes del desempeño del trabajo** (*work performance reports*). Constituyen la **representación** física o electrónica **de la información de desempeño del trabajo** recogida en documentos del proyecto para la toma de decisiones, el planteamiento de incidentes, el emprendimiento de acciones y la generación de conocimiento. Por ejemplo, informes de estado, los memorandos, las justificaciones, las notas informativas, los cuadros de mando electrónicos, las recomendaciones y las actualizaciones.

Estas definiciones son relevantes en tanto permiten diferenciar los *datos*, la *información* y los *informes* que permitirán identificar los pasos para la implementación del EVM, desde el enfoque de procesos, ya que algunos de estos son entradas y otros son salidas en la Administración de Proyectos.

El **flujo de la información** propuesto por el PMBOK se expone en la figura “**Flujo de Datos, Información e Informes del Proyecto**” y se podría explicar así:

Durante la ejecución del proyecto se generan los **datos** a emplear en los procesos de control. El EVM es una herramienta, que dentro de los procesos de control, generará **información** de desempeño del proyecto. Al nivel de Control General del Proyecto se analizará la información del desempeño y se generarán **informes**. Los informes servirán para tomar decisiones acerca de realizar cambios al proyecto y la consecuente actualización del Plan para la Dirección del Proyecto. Los informes de desempeño del trabajo, las solicitudes de cambio y la actualización del Plan formarán parte de las comunicaciones que se distribuirán a los miembros del equipo del proyecto y a los interesados. La actualización al Plan para la Dirección del Proyecto se enviará para la implementación de los cambios en la Ejecución del Proyecto [PMI, 2013].

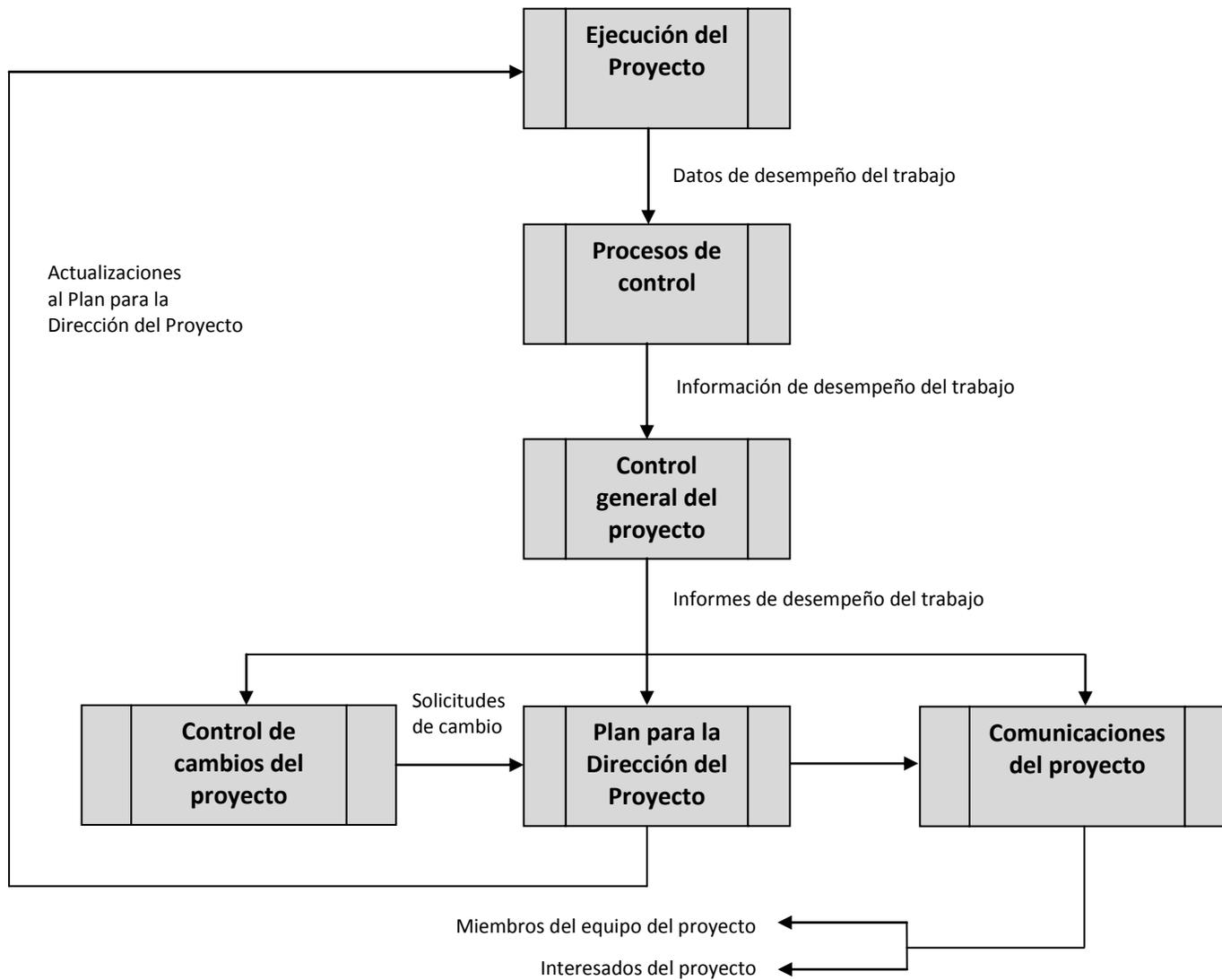


Figura. Flujo de Datos, Información e Informes del Proyecto. Fuente: [PMI, 2013]

En la figura “**Interacciones entre los procesos de monitoreo y control para la Administración de Proyectos**” realizamos una síntesis integrando los diversos *diagramas de flujo de datos* de los procesos de monitoreo y control descritos en el PMBOK. El objeto de esta síntesis es tener en cuenta los datos requeridos para la implementación del EVM e identificar las interacciones entre dichos procesos, el origen de los datos procedentes de los procesos de Planeación y de Ejecución, así como sus salidas hacia procesos de actualización / retroalimentación de los planes iniciales y ejecución.

El análisis de las interacciones descritas en dicha figura nos permite obtener una visión de conjunto de la administración del proyecto con el objeto de identificar las posibles causas del desempeño observado mediante el EVM.

En la práctica profesional, durante la ejecución de los proyectos de construcción, la problemática de costo y tiempo tiende a ser muy compleja. La información tiende a ser poco estructurada y en ocasiones no se alcanza a identificar con claridad dicha problemática. Por lo cual, el análisis de las interacciones de los procesos de control son útiles para identificar los problemas de origen administrativo y las acciones preventivas / correctivas a emprender.

El Cuerpo de Conocimientos para la Administración de Proyectos (PMBOK, *Project Management Body of Knowledge*) [PMI, 2013] indica que **el EVM forma parte del Grupo de Procesos de Monitoreo y Control** ya que proporciona entradas, es una herramienta/técnica y proporciona salidas a diversos procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el progreso y el desempeño de un proyecto, para identificar áreas en las que el Plan requiera cambios e implementar los cambios que sean procedentes.

En la figura se muestra que los **factores ambientales de la organización** y los **activos de los procesos de la organización** proporcionan entradas a diversos procesos, también la mayoría de los procesos de monitoreo y control les proporcionan una retroalimentación que puede ser utilizada para hacer ajustes en la organización y como lecciones aprendidas para futuros proyectos.

El **eje de este modelo son los procesos de integración** (4.3, 4.4 y 4.5) ya que se encargan de manejar las interdependencias entre los demás procesos. Por ejemplo, **el proceso 4.3** relativo a la dirección y gestión del trabajo del proyecto proporcionará las entradas a los procesos de monitoreo y control del alcance, tiempo, costo, calidad, comunicaciones, riesgos y gestión de los interesados. **El proceso 4.4**, monitoreo y control del trabajo, permitirá integrar y dar contexto a los informes relativos al alcance, tiempo y costo; para comprender el estado actual del proyecto, las medidas adoptadas y las proyecciones de estas tres variables. **El proceso 4.5**, control integrado de cambios, integrará los cambios derivados de los diversos procesos de monitoreo y control, con el objeto de analizar, aprobar y gestionar los cambios y comunicar las decisiones pertinentes.

Los **procesos de Planeación** considerados en este modelo incluyen el Plan para la Dirección del Proyecto (4.2), incluyendo sus planes subsidiarios, la Planeación de la Calidad (8.1) y la identificación de los Riesgos (11.2). La aportación de estos procesos a la implementación del EVM es la siguiente:

- Proporcionan las **líneas base** de los Alcances, Tiempo o Cronograma y Presupuesto.
- Proporcionan la Estructura de la División del Trabajo (**WBS**) y la asignación de responsables (**OBS**).
- Planea los **puntos de control** para la evaluación del EVM.

- Se establecen las **métricas de calidad**, incluyendo las del proyecto y las del producto.
- Se definen los **umbrales de control**.
- Se establece el **nivel de detalle** al que se realizarán las evaluaciones del EVM y los requisitos de información de los diversos interesados.
- Señala las **herramientas de software** a utilizar, tanto para la gestión de los costos, como del cronograma y de los alcances.
- Establece los **criterios de medición de avances, plazo y frecuencia**.
- Señala las **guías e instrucciones de trabajo** estandarizadas de la organización, procedimientos para el control de cambios, formatos y representaciones gráficas.
- Identifica los **estándares de la industria y gubernamentales** a cumplir.
- Identifica la **tolerancia al riesgo** y la forma en que se atenderán los riesgos que se presenten. Lo que conducirá a conocer las **prioridades y criterios** que orientarán los cursos de acción relativos al costo y tiempo que a su vez servirán de referencia para la toma de decisiones.

Los procesos de planeación deberán responder a las preguntas de cuáles serán y cómo se obtendrán los datos necesarios para el análisis del EVM, cuáles serán los criterios para emprender acciones correctivas/preventivas y a quién se reportará la información obtenida.

Los **procesos de Ejecución** incluidos en la figura son: la Dirección y Gestión del trabajo del proyecto (4.3), realizar las Adquisiciones (12.2), la gestión de las Comunicaciones (10.2) y la adquisición, desarrollo y dirección del equipo del proyecto (9.2, 9.3, 9.4).

La aportación de los procesos de ejecución en la implementación del EVM son los siguientes:

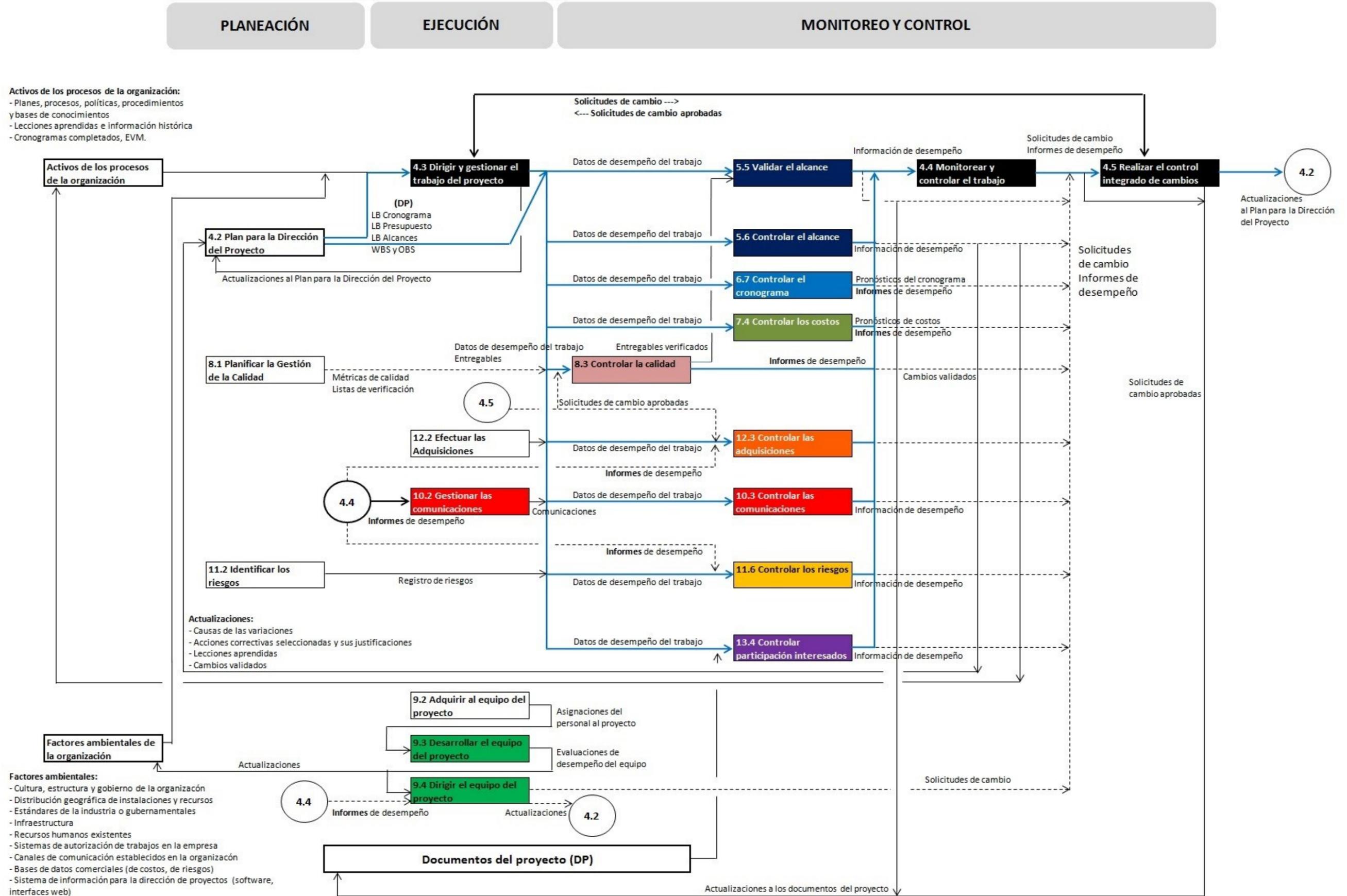
- Proporcionan los **datos (reales) para la medición del desempeño** del trabajo: costos incurridos por las compras/adquisiciones, fechas de inicio y terminación reales, actividades en proceso, el trabajo completado, incidencias en la calidad y re-trabajos.
- **Monitoreo de aspectos financieros** como son los pagos realizados a destajistas, subcontratistas y contratistas (anticipos y estimaciones) con respecto al avance realmente ejecutado.
- **Datos de los recursos invertidos** entre los que se cuentan materiales, equipos y herramientas, maquinaria y personal.
- Proporcionan las **comunicaciones** entre los involucrados del proyecto, especialmente en lo relacionado con los requerimientos de información, soluciones adoptadas y acuerdos resultantes en las reuniones de trabajo.
- Realizan la **solicitud de cambios** de proyecto que podrían tener un impacto en costo y tiempo.
- En general, proporcionan los datos necesarios para el monitoreo y control de los alcances, cronograma, costos, calidad, adquisiciones, riesgos y cualquier otra información que pudiera causar un impacto sobre el proyecto en el futuro.

Las mediciones del desempeño del proyecto se encuentran presentes en todos los procesos del Grupo de Procesos de **Monitoreo y Control**. En este grupo se encuentra el EVM cuya información permitirá obtener —comparando planes y ejecución— las métricas de desempeño relativas a **variaciones, índices y pronósticos**.

En la figura se incluyen los once procesos para el monitoreo y control de los proyectos recomendados por el EVM. Es pertinente implementarlos en los proyectos de construcción de una manera formal, ya que tienen una influencia importante en el desempeño global del proyecto:

- El control de **Alcance** (5.6). Permite monitorear el avance actual de las actividades, decidir emprender acciones correctivas/preventivas, monitorear los cambios autorizados y el estado de su implementación, el impacto de los cambios de los alcances en el tiempo y costo del proyecto, determinar causas de las desviaciones en los alcances.
- El control del **Cronograma** (6.7). Implementando el EVM permitirá obtener informes relativos a variaciones, índices y proyecciones del tiempo del proyecto.
- El control de **Costos** (7.4). Implementando el EVM permitirá obtener informes relativos a variaciones, índices y proyecciones de los costos del proyecto.
- El control de **Calidad** (8.3). Permitirá la verificación del cumplimiento de los requisitos de los entregables, así como el cumplimiento de los objetivos en tiempo y costo del proyecto.
- El control de las **Adquisiciones** (12.3). Incluye el seguimiento y evaluación del cumplimiento de los contratos con proveedores, destajistas, subcontratistas, así como el seguimiento de aspectos financieros que no están explícitamente incluidos en el EVM.
- La gestión y el control de las **Comunicaciones** (10.2, 10.3). En lo relativo a la satisfacción de las necesidades de información de manera clara, precisa, oportuna y confiable acerca del desempeño del proyecto.
- El control de los **Riesgos** (11.6). Permitirá implementar y evaluar la efectividad de los planes de respuesta a los riesgos identificados en el que el papel del EVM es importante en su detección y evaluación.
- El control de la participación de los **interesados** (13.4). Cumplir con los requisitos de información a los interesados del proyecto con el objeto de motivar su participación en la toma de decisiones oportuna en los aspectos relevantes al proyecto.
- El desarrollo y dirección del **Equipo del Proyecto** (9.3, 9.4). En lo relativo al desempeño del equipo del proyecto y la identificación de posibles necesidades de capacitación y adiestramiento (mejora de competencias), especialmente para la implementación, uso e interpretación de las métricas del EVM. También permitirá mejorar el ambiente de trabajo y fomentar una participación proactiva para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Figura. Interacciones entre los procesos de monitoreo y control para la Administración de Proyectos. (Fuente: elaboración propia a partir de [PMI, 2013])



2.2. El seguimiento y control de proyectos mediante el EVM y el PMI - Extensión para proyectos de construcción.

La Extensión al PMBOK para Proyectos de Construcción *Construction Extension to the PMBOK Guide Third Edition* [PMI, 2007], es una guía de prácticas específicas. Esta guía describe los principios generalmente aceptados para la administración de los proyectos de construcción, particularmente aplicables a este tipo de proyectos.

La Extensión para proyectos de construcción utilizada en este trabajo corresponde a la 2ª Edición (la cual hace referencia al PMBOK 3ª Edición). En nuestro trabajo estamos utilizando el PMBOK 5ª Edición, la cual incluye un área de conocimientos adicional relativa a la gestión de los involucrados (*stakeholders*).

La Extensión para proyectos de construcción adiciona al PMBOK, cuatro áreas de conocimiento:

1. **Gestión de la seguridad** (*Project Safety Management*). Para que el proyecto de construcción sea ejecutado con el cuidado necesario y prevenir accidentes que pudieran causar daños a las personas o a los bienes. Incluye la seguridad y salud de las personas y programas que contribuyan a disminuir los accidentes en el trabajo.
2. **Gestión ambiental** (*Project Environmental Management*). Para que el impacto del proyecto en el medio ambiente (desde el punto de vista ecológico) permanezca dentro de los límites establecidos por los organismos gubernamentales.
3. **Gestión financiera** (*Project Financial Management*). La gestión financiera atiende los temas relacionados con el financiamiento del proyecto, describe los procesos necesarios para obtener y administrar los recursos económicos. Comparado con el área de conocimientos de gestión de costos, la gestión financiera se encarga de la suficiencia de recursos y el análisis de flujos de caja necesarios antes de la ejecución y durante la ejecución.
4. **Gestión de las pretensiones/reclamaciones** (*Project Claim Management*). Describe los procesos para prevenir y manejar las pretensiones/reclamaciones, mitigar los efectos de aquellas que llegaran a ocurrir y manejarlas de una forma rápida y efectiva. De la misma manera, esta área de conocimientos debe facilitar la formulación de los contratos.

Los temas más relevantes que señala ésta Extensión al estándar PMBOK, con el objetivo de identificar los problemas que dan origen a las variaciones en costo y tiempo en los proyectos de construcción y plantear las posibles acciones para la prevención o corrección del desempeño del proyecto se sintetizan a continuación:

- Integración del proyecto. **Reflejar con prontitud los cambios al plan inicial**, tan pronto como se vayan identificando. Esto permitirá que las medidas de desempeño del EVM reflejen realmente el estatus del proyecto, pues una PMB desactualizada reflejará variaciones que no serían congruentes con los cambios autorizados.
- **Documentos del contrato**. El contrato indica la forma en que se medirán los avances de los conceptos de trabajo y sus alcances.

- Reuniones o **juntas de seguimiento del proyecto**. Para la resolución de problemas y conflictos, mejoras en los procesos, tomar decisiones de cambios, evaluar el desempeño del proyecto, entre otros temas.
- Para obtener el máximo provecho a la interpretación de los indicadores del EVM, es conveniente apoyarse en las **lecciones aprendidas** de un proyecto terminado. Se pueden describir las dificultades y/o problemas que se presentaron en la ejecución, las medidas correctivas empleadas y las medidas de prevención que se pueden usar en proyectos futuros.
- Frecuentemente los **cambios en los requisitos conducen a cambios en los alcances, en el presupuesto y en el cronograma** que se deberán incluir en el análisis del EVM en cuanto éstos sean aprobados. Por otra parte, podrían ocurrir impactos negativos en el desempeño dependiendo de la burocracia en la gestión de la aprobación de dichos cambios.
- **Gestión del tiempo en proyectos de construcción**. Se requiere considerar tres procesos adicionales al estándar PMBOK y que se encuentran relacionados con los indicadores de desempeño: **Definición de los pesos de las actividades**, en función de las características y atributos de las actividades para determinar la contribución de la actividad a la medición del desempeño global del proyecto. **Desarrollar curvas de progreso**, su construcción se realiza utilizando los pesos definidos para cada actividad, el cronograma y las tasas de rendimiento distribuidas linealmente en el tiempo sumando por periodo los pesos de las actividades. Se puede representar con respecto al proyecto total o por fases, por ejemplo, ingenierías, procura o construcción. Las curvas de progreso describirán los cambios en el cronograma. **Monitorear el progreso**. Este proceso se realiza a partir de las curvas de progreso (BCWS ó PV), el trabajo ejecutado a una determinada fecha de corte (EV) y el monitoreo del cronograma (las fechas reales de inicio y terminación de las actividades). El análisis de las curvas de progreso consiste propiamente en la comparación del avance físico con respecto a la línea base. **Este análisis debe incluir la revisión de las actividades involucradas y sus características**. Las características de las actividades podrían incluir la cantidad de recursos que deben ser invertidas (costos altos), el uso de mano de obra muy intensivo (por ejemplo albañilerías, donde la recuperación de un programa no se logra simplemente con incrementar la fuerza de trabajo), tiempo requerido para hacer importaciones y/o fabricación para el suministro (por ejemplo equipos, cuya procuración debe realizarse con la anticipación suficiente), etc.
- **Gestión de los costos del proyecto**. La comparación de los pagos realizados a proveedores, contratistas y destajistas con respecto a los costos directos de cobro al dueño del proyecto permitirá identificar las actividades cuya ejecución representa una pérdida o la existencia de algún margen a favor de la empresa ejecutora.
- Los reportes de **no conformidad y re-trabajos**, son una salida del proceso de control de calidad. El impacto que causan los re-trabajos en los proyectos de construcción son retrasos en los proyectos y el incremento de los costos, por lo que su documentación y seguimiento son de gran importancia para la identificación de causas en el deficiente desempeño de un proyecto de construcción. Los re-trabajos se refieren a la acción de convertir una parte del proyecto o actividad que no cumple con los requerimientos de calidad en una parte del proyecto que si se encuentre dentro de dichos parámetros, por lo que los re-trabajos se deben minimizar.

- En relación a la **Gestión de los Recursos Humanos**, debido a que los proyectos de construcción se llevan a cabo en lugares diferentes a los de la oficina central o sede de la organización ejecutora, los **procedimientos administrativos, la cultura organizacional**, etc., se deben **transmitir al personal que labora en el campo**. En este sentido la selección del personal es de la mayor importancia. Algunas organizaciones emplean la estrategia de enviar personal que ya cuenta con la capacitación, experiencia y en general, los conocimientos de los procedimientos (activos de los procesos de la organización) que se deben emplear para la administración de un proyecto, lo que facilitaría implementar el EVM en el sitio de construcción, con el apoyo desde la oficina central.
- En la **gestión de las comunicaciones**, relativo al manejo de las solicitudes de información de aspectos técnicos para la construcción del proyecto (RFI's, *request for information*) es un aspecto de las comunicaciones entre el constructor y el diseñador que podrían tener un impacto relevante en los costos y en el cronograma y conducir a reclamaciones. Mediante el análisis de dichas RFI's se podrían detectar desviaciones al cronograma y a los costos del proyecto.
- Los procesos de **análisis de riesgos** permiten contar con elementos para la **toma de decisiones**. Generalmente en los contratos y en la normatividad de contratación hay cláusulas que señalan términos como "causas de fuerza mayor" o aspectos no previstos o desconocidos que suelen impactar los costos y cronograma del proyecto como son las condiciones del terreno de cimentación, condiciones climatológicas, cambios en los precios de los insumos y cambios externos al proyecto (cambios en la infraestructura pública y nuevas normativas).
Generalmente los riesgos relativos a los costos y al cronograma de un proyecto recaen en la organización ejecutora (en nuestro caso en la PyMe). Aún cuando los contratos permitan la subcontratación de una parte del proyecto, la contratista principal es la responsable ante el dueño del proyecto. La subcontratación permitiría internamente compartir los riesgos con los subcontratistas pero esto solo podría ocurrir cuando el subcontratista tenga la capacidad de otorgar garantías (por ejemplo fianzas) para el cumplimiento del subcontrato. Los contratos especifican penalizaciones en caso de incumplimiento en el cronograma y por esta razón, la implementación del EVM contribuye a identificar y controlar tales riesgos de manera anticipada.
- La **gestión de las adquisiciones en los proyectos de construcción**, incluye los procesos requeridos para la adquisición (contratación) de los bienes y servicios necesarios para la ejecución del proyecto. Desde el punto de vista del control de los costos del proyecto y de la disminución de los riesgos inherentes a los costos, en la práctica profesional se ha encontrado benéfico contratar a subcontratistas y destajistas para la ejecución de partes específicas del proyecto, generalmente por especialidad.
- **La gestión del financiamiento**. Los proyectos de construcción ejecutados por PyMe's en México se encuentran fuertemente influenciados por la planeación financiera. Con mucha frecuencia este proceso es pobremente realizado a pesar de que en la práctica profesional se identifica como el factor más importante para obtener un buen desempeño del proyecto, ya que cuando no se cuenta con la capacidad financiera para afrontar los pagos que se tienen que realizar para obtener con oportunidad los suministros de los insumos, el proyecto tiende a retrasarse. Adicionalmente cuando no se consideran los costos financieros que implican las inversiones gestionadas por la empresa ejecutora, los costos del proyecto se pueden salir de control y poner en riesgo la terminación del proyecto.

El resultado del proceso del control financiero consiste en emprender acciones correctivas. Con base en el análisis del flujo de efectivo y del Valor Ganado se conocerá el estatus y la salud financiera del proyecto. Comparando el resultado de este análisis financiero (actual) con el planeado, posiblemente se identifique la necesidad de emprender acciones correctivas que podrían incluir la revisión y ajuste de los presupuestos y/o realizar erogaciones adicionales para cubrir el déficit que pudiera presentarse en el flujo de efectivo.

En la implementación de un sistema de seguimiento y control del desempeño para una PyMe de construcción, identificamos de gran utilidad realizar conjuntamente el análisis del Valor Ganado y el análisis de flujo de efectivo. Ambas herramientas permitirán encontrar posibles riesgos para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Así, **las técnicas que se recomienda implementar en una PyMe para construir un sistema más integral de seguimiento y control son: el Análisis del Valor Ganado (EVM) + El análisis del Cronograma Ganado (ES) + el análisis del Flujo de Efectivo del proyecto.**

- La **gestión de las pretensiones/reclamaciones o solicitudes de cambio en conciliación** son aspectos de particular importancia en los proyectos de construcción y generalmente son resultado de la ausencia de acuerdos, es decir, aspectos del proyecto que están en conflicto. Una reclamación se refiere a algún aspecto del proyecto que se debe o que se cree que se debe, generalmente es relativo a costos y tiempo del proyecto como resultado de una instrucción o una orden de cambio al contrato original. La diferencia precisamente entre una orden de cambio y una reclamación es que la última es resultado de la ausencia de acuerdos entre las partes. En la práctica profesional, las pretensiones / reclamaciones no siempre se documentan debidamente y, por tanto, no siempre se pagan a la empresa ejecutora.

Las entradas al proceso de identificar las pretensiones/reclamaciones consisten en conocer los alcances originales del proyecto, el contrato, la descripción de la reclamación (incluyendo las razones por las cuales se considera que la reclamación contiene aspectos no contenidos en el contrato original y documentar las actividades del proyecto que son afectadas) y el cronograma del proyecto identificando el impacto de la reclamación. Las herramientas y técnicas consisten en la revisión del contrato original, el juicio de expertos quienes podrían argumentar la pertinencia o no de la reclamación y documentar la información que sirva de soporte. El resultado de este proceso consiste en identificar la(s) reclamaciones que resulten procedentes y las que no sean procedentes.

El proceso de cuantificar las pretensiones/reclamaciones consiste en valorar en tiempo y/o en costo el impacto de la reclamación, en el incremento de los costos de otras actividades, cambios en la secuencia de las actividades o el retraso de las actividades.

Para prevenir las reclamaciones, el *Construction Extension* propone tomar en consideración los siguientes aspectos en la planeación del proyecto:

- Describir el **alcance** de los trabajos de una forma clara y detallada.
 - Formular **programas** o cronogramas de trabajo razonables.
 - Utilizar **procedimientos constructivos** apropiados para el tipo de proyecto.
 - Formular **presupuestos** bien estimados.
 - Definir un grado de **riesgo** aceptable.
- En aspectos organizacionales, el *Construction Extension* recomienda desarrollar **equipos de trabajo colaborativos** con el objeto de:
 - Construir consensos y conseguir la colaboración de los involucrados del proyecto,
 - La toma de decisiones oportuna implementando las que resulten a favor del proyecto.

La interacción entre las áreas de conocimiento y los procesos de la Administración de Proyectos con los indicadores del EVM que se han mostrado podrían derivar en **acciones para la prevención o corrección del desempeño del proyecto.**

Si bien el EVM permite obtener alertas tempranas acerca del desempeño, no basta que en la implementación se considere únicamente la obtención de información, procesarla y detectar desviaciones, sino que también **es importante detectar los problemas que están dando origen a dichas desviaciones. Los problemas en los proyectos de construcción tienen un origen muy variado ya que podrían ser resultado de factores tanto internos como externos al proyecto. Las figuras de este capítulo permitirán identificar posibles causas desde el punto de vista de los procesos de la administración de proyectos**, sin identificar otras variables técnicas vinculadas directamente a la ejecución o a la dirección (proceso 4.3 del PMBOK), las que dependerán específicamente del proyecto en cuestión y de las habilidades del Gerente de Proyecto para administrarlas.

2.3. Características de los proyectos de restauración.

Los proyectos se diferencian en función de varias características como son el **tamaño** y el grado de madurez o la **formalidad con la que se deben aplicar los procesos de administración de proyectos** [RMC, 2015]. En relación al tamaño, estas características serán la cantidad de horas o el tiempo requerido para ejecutar el proyecto, el importe del proyecto, el número de involucrados a los que el proyecto impactará, a la cantidad de especialidades requeridas para su ejecución, el número de miembros del equipo de trabajo y de los riesgos. La formalidad en el uso de los procesos de la administración de proyectos dependerá, a su vez, del tamaño del proyecto y de la complejidad del diseño.

En relación al tamaño del proyecto, en nuestro País la mayoría de los proyectos de restauración de inmuebles requieren hasta un año para su ejecución y el importe llega hasta 100 millones de pesos, pero con mucha frecuencia oscila en rangos de una cuarta parte de dicho importe. Los involucrados son al menos el Instituto Nacional de Antropología e Historia / el Instituto Nacional de Bellas Artes y las autoridades locales a nivel estatal / municipal, que son entidades públicas encargadas de regular los criterios técnicos. Otros involucrados son los dueños del proyecto, tanto entidades públicas como privadas, y los diferentes contratistas entre los que se dividen partes del proyecto según su especialidad. Desde luego que existen proyectos de restauración de mayor tamaño, complejidad y tiempo de ejecución, aunque con mucha frecuencia se ejecutan separados en fases con las características descritas anteriormente.

Los proyectos de restauración ciertamente son sujetos a la aplicación de los procesos descritos en el estándar PMBOK y generalmente son ejecutados por PyMe's, debido al tamaño y a la especialización requerida.

En este punto retomaremos brevemente los aspectos que diferencian a los proyectos de construcción respecto a otro tipo de proyectos conforme a lo señalado por la Extensión para los Proyectos de Construcción del PMBOK [PMI, 2007] y que resultan de interés para la implementación del EVM:

- A los proyectos de construcción le es inherente un **alto grado de riesgo**, en las proyecciones de tiempo y costo, ya que cada proyecto es único.
- Las construcciones pueden ser un prototipo, pero cuando son **construidas en diferentes sitios**, cada proyecto presenta sus propios retos para alcanzar costos precisos así como proyecciones de costos y control.
- Los proyectos de construcción se tienen que adecuar a la geografía y a las **condiciones particulares del terreno y el medio ambiente**.
- Ya que por lo general no es posible obtener un proyecto prototipo o repetitivo, los proyectos de construcción se suelen **separar en fases** para tener la oportunidad de refinar el diseño en fases subsecuentes con respecto al diseño inicial, es decir, requieren ser desarrollados en alguna forma de gradualidad.
- Requieren la contratación de una gran **variedad de especialistas en diversas disciplinas**, en función del tamaño y complejidad del proyecto.
- Involucra una gran **variedad de interesados (stakeholders)** con diferencias sustanciales en las expectativas que el proyecto debe cubrir. Por ejemplo, impuestos, organizaciones que solicitan el cumplimiento de normas muy específicas, gobierno, grupos ambientales, etc.
- Se requieren **grandes cantidades de materiales y herramientas y equipos para la producción**.

Actualmente las inversiones en proyectos de construcción en nuestro país se realizan sensiblemente por el sector público en un 50% y por la iniciativa privada en el restante 50%. Los proyectos de construcción en restauración frecuentemente se encuentran sujetos a inversiones del **sector público**, por lo que se hace necesario el **cumplimiento de las normativas** establecidas por cada entidad pública tanto en materia de contrataciones como de especificaciones, aspectos de protección ambiental, preservación del patrimonio cultural, seguridad e higiene, etc.

Las normativas del sector público en México regularmente establecen condiciones —que se deben tomar en cuenta para la implementación del EVM— como son:

- Criterios de medición del desempeño: forma de acreditar los avances físicos del proyecto, las unidades de medición, la aproximación de las unidades de medición, etc.
- Indicadores de medición del desempeño: variaciones en el presupuesto y tiempo, así como los umbrales o límites permitidos de esas variaciones, por ejemplo, en la aplicación de penas convencionales por incumplimiento.
- La forma en la que se realizarán las comunicaciones.

En relación al Gerente de Proyecto, el *Construction Extension* destaca particularmente cuatro cualidades que debe cumplir:

- El **liderazgo** del proyecto recae en los encargados de la obra (superintendentes) quienes deben tener las cualidades para dirigir y coordinar los trabajos en el sitio así como de informar acerca del tiempo, costo y alcances del proyecto a un nivel gerencial.
- Los superintendentes de obra también deben contar con cualidades de **comunicación**, como por ejemplo, para hacer solicitudes de información relacionada con el diseño y las especificaciones (RFI's, *request for information*) y la solicitud de cotizaciones a contratistas (RFP's, *request for proposals*).
- La **negociación** ocurre en muchos ámbitos de los proyectos de construcción, por ejemplo, en la conciliación de costos y en la gestión de cambios de proyecto.
- La **resolución de problemas** es a menudo muy importante en los proyectos de construcción, desde identificar el problema, sus causas y la toma de decisiones.

Con base en la práctica profesional y la experiencia, podríamos decir que estos cuatro aspectos absorben la mayoría del tiempo de un superintendente de obra, digamos que es el día a día durante la ejecución del proyecto. La implementación del EVM permite obtener la información de desempeño necesaria para desarrollar de una forma efectiva esas cuatro actividades.

El **ciclo de vida** de los proyectos de construcción difiere en varios aspectos de otros proyectos:

- El tipo de proyecto de construcción más común es aquel en el que se inicia por la contratación de especialistas para el diseño.
- El ciclo de vida de un proyecto de construcción generalmente involucra tres actores principales: el dueño (y su representante técnico que es la supervisión), el diseñador (proyectista) y el constructor (contratista). Generalmente el dueño del proyecto se hace cargo de los estudios de factibilidad o de decidir la viabilidad del proyecto, el proyectista es una segunda entidad encargada del diseño y el contratista o constructor, de la ejecución. Es muy frecuente que estas organizaciones se encuentren separadas.
- Existen también modalidades de contratación diseño + construcción, en la que se asigna a una sola organización ambos aspectos del proyecto.

Las fases de un proyecto de construcción [PMI, 2007], por lo general son cinco y cada una en sí misma puede ser un proyecto, requiriendo el uso de todos los grupos de procesos en cada una de estas fases así como en el proyecto global:

1. **Fase conceptual.** Se refiere a los estudios de factibilidad y concluye, en su caso, con la aprobación del proyecto.
2. **Fase de planeación.** En esta fase se establecen los criterios a seguir para el proyecto, el dibujo de los primeros planos, presupuesto, cronograma y planes de trabajo para el desarrollo de las siguientes fases.
3. **Diseño detallado.** Se refiere al diseño a detalle, planos (dibujos) y especificaciones para la construcción.
4. **Construcción.**
5. **Entrega, puesta en marcha y finiquito.**

En los proyectos de construcción, los contratos integran los planes subsidiarios que cita el PMBOK. Las formas tradicionales de contratación (modelos) referidas en el *Construction Extension* son:

- **Diseño – Licitación – Construcción** (*Design-Bid-Construction*). Consiste en la realización del diseño detallado, realizar un proceso de licitación para elegir a la empresa ejecutora más competitiva y finalmente realizar la construcción. Este método de contratación es de uso muy común en México.
- **Diseño – Construcción** (*Design-Build*). En el que se supone el diseño se podría realizar en cierta forma paralelo a la construcción. En realidad esta modalidad se entiende como aquella que consiste en que se asigna el diseño y la construcción a una sola empresa. Esta modalidad es de uso frecuente en México y se le suele llamar proyectos integrales o proyectos llave en mano.

El EVM es aplicable a cualquiera de las dos formas de contratación indicadas anteriormente [Flemming y Koppelman, 2002]. Sin embargo, la primera opción (*Design-Bid-Construction*), al estar separadas las fases de diseño y construcción, los diseñadores adolecen de la retroalimentación del constructor y genera oportunidades para la proliferación de reclamaciones.

Por otra parte, la segunda opción (*Design-Build*), ofrece la ventaja de que la responsabilidad recae en una sola organización, lo que podría representar potenciales reducciones en las reclamaciones a la terminación del proyecto, aunque ofrece la desventaja de que el contratista podría ocultar errores en el diseño del proyecto.

Los hitos más críticos, de los cuales depende el éxito en los proyectos de construcción son los siguientes: [PMI, 2007]

- El estudio de factibilidad del proyecto (aprobación inicial del proyecto)
- La línea base del proyecto, costos, tiempo, alcance. (aprobación de los criterios que regirán al proyecto)
- Preparación para iniciar el proyecto.
- La terminación contractual del proyecto.

El EVM interviene directamente en el segundo y cuarto hitos, pues a partir de las líneas base y el diseño, monitorea constantemente el desempeño durante la ejecución y realiza proyecciones de tiempo y costo para la terminación contractual dentro de los criterios establecidos.

El PMI *Construction Extension* también abunda en los **tipos de organización** en proyectos de construcción. Señala que posiblemente en las firmas de ingeniería / construcción de gran tamaño el tipo de organización sea **matricial**, mientras en empresas contratistas (PyMe's) la organización sea **por proyecto**. Las pequeñas empresas constructoras suelen organizarse por proyectos con un reducido personal fijo en oficina central y personal con muy alta rotación en las áreas de producción. A la conclusión del proyecto, en caso de no contar con otro en puerta, el personal queda en disponibilidad para ocuparse en un nuevo proyecto fuera de la organización. La práctica profesional nos refiere a que esta alta rotación aplica tanto al personal obrero u operario como a los profesionistas.

La rotación del personal en una PyMe es de gran importancia para la implementación del EVM, pues sería poco efectivo invertir en capacitación del personal con pocas posibilidades de retenerse para futuros proyectos. Posiblemente una alternativa sea contar con personal capacitado en la oficina central que brinde soporte a la oficina de campo y realice el seguimiento a las métricas de desempeño del EVM, retroalimentar al encargado de la obra, dar continuidad a la utilización del EVM en los diferentes proyectos que se realicen, hacer comparaciones de las métricas obtenidas entre diferentes proyectos, identificando las lecciones aprendidas en cada uno de ellos y aprovechar este conocimiento a favor de la organización.

El PMI *Construction Extension* continúa señalando que la administración de los proyectos de construcción no es tarea fácil, debido a los diferentes puntos de vista e intereses de los involucrados. El reto es manejar de una manera efectiva el proceso de toma de decisiones considerando estas diferencias, desde el **enfoque de tomar aquellas decisiones que resulten en beneficio del proyecto**.

Es necesario reconocer que aunque existan diferentes puntos de vista e intereses entre los involucrados del proyecto las métricas de desempeño del EVM son útiles para todos los casos. Adicionalmente, los criterios de medición y la interpretación de los resultados deben ser claros para todos ellos.

Mediante consulta de expertos, el doctor en arquitectura Gabriel Mérito Basurto, catedrático de la Universidad Nacional Autónoma de México, y quien cuenta con gran reconocimiento en proyectos de restauración, señala que este tipo de proyectos presenta las siguientes características:

- Requieren de personal altamente especializado en diversas disciplinas como son mamposterías, canteras, maderas, metales, pintura mural, etc.
- En restauración no existe un proyecto completo sino hasta el final de la obra, ya que no es posible contar previamente al inicio de la ejecución con todas las soluciones, ya que es hasta esta etapa en la que se realiza el montaje de andamiajes y la realización de limpiezas y liberaciones, las que permiten precisar la problemática del proyecto, impactando a su vez en los alcances reales, el costo y el cronograma.
- La adquisición del material frecuentemente está condicionada a procesos previos para su utilización como en el caso de la cal apagada, y la disponibilidad de determinados materiales está condicionada al clima, humedad ambiental, etc., como es el caso de los materiales pétreos, canteras, tezontle y maderas.
- En los proyectos de restauración existe un riesgo constante en la sustitución de elementos estructurales, por ejemplo, en el caso de los entresijos y otros los elementos de carga.
- Los proyectos de restauración consisten en procedimientos secuenciales, que para garantizar la estabilidad estructural de los inmuebles, en muchos casos no se pueden acelerar los procesos de intervención ni la apertura de frentes simultáneos.

Los criterios especiales para el diseño y construcción de los proyectos de restauración se pueden encontrar en documentos internacionales de esta disciplina. Por ejemplo, la Carta de Atenas de 1931, considerado uno de los primeros documentos en esta materia, establece *la importancia de la conservación sobre la restauración, la necesidad de respetar los estilos arquitectónicos y épocas, la conveniencia de dotar a los monumentos de un uso acorde con su carácter, se recomienda un uso prudente de los materiales de restauración con respecto al empleo de recursos de la técnica moderna, la necesidad de colaboración con otras disciplinas científicas como la física y la química.*

La misma carta señala en cuanto a los criterios y técnicas: *buscar la reincorporación en las restauraciones de los propios elementos antiguos —cuando esto sea posible—, la necesidad de hacer ostensibles los nuevos materiales empleados en las restauraciones y su clara diferenciación con los antiguos, un minucioso estudio de los monumentos antes de comenzar cualquier intervención que suponga reintegración o interpretación, la necesidad de cubrir los yacimientos y restos arqueológicos si no se ve viable su conservación, la necesidad de documentar las obras en todas sus fases históricas.*

Adicionalmente, la Carta de Cracovia del año 2000 señala, en relación a las técnicas de restauración, que *La intervención elegida deberá respetar la función original y asegurar la compatibilidad con los materiales y las estructuras existentes, así como con los valores arquitectónicos. Cualquier material y tecnología nuevos deben ser probados rigurosamente, comparados y adecuados a la necesidad real de la conservación. Cuando la aplicación “in situ” de nuevas tecnologías puede ser relevante para el mantenimiento de la fábrica original, estas deben ser continuamente controladas teniendo en cuenta los resultados obtenidos, su comportamiento posterior y la posibilidad de una eventual reversibilidad. Se deberá estimular el conocimiento de los materiales tradicionales y de sus antiguas técnicas así como su apropiado mantenimiento.*

Así, la restauración “...constituye el momento metodológico del reconocimiento de la obra de arte, en su consistencia física y en su doble polaridad estética e histórica, en orden a su transmisión al futuro”. El primer axioma de la restauración se puede enunciar como “se restaura sólo la materia de la obra de arte”. Y como segundo principio de la restauración: “La restauración debe dirigirse al restablecimiento de la unidad potencial de la obra de arte, siempre que esto sea posible, sin cometer una falsificación artística o una falsificación histórica, y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo.

Como se podrá observar, la restauración de inmuebles o monumentos históricos tiene implicaciones muy particulares en la implementación de métricas del desempeño. En primera instancia demanda la planeación de controles de cambio (para la actualización de la PMB), la contratación de personal especializado, la adquisición de materiales también muy especializados, el establecimiento de estructuras de división del trabajo (WBS/EDT) particulares.

Partiendo de los criterios y técnicas de restauración descritos anteriormente, la estructura de división del trabajo (WBS/EDT) en la práctica generalmente se divide en frentes de trabajo por cada local del inmueble o por zonas de trabajo que se ha planeado atender ya se secuencial o simultáneamente, por ejemplo, fachada norte, patio interior, etc. Cada uno de estos frentes se desglosa a su vez en partidas o paquetes de trabajo, aunque no de una forma generalizada, en la práctica se acostumbra dividir en [Oscar Benítez Ortega, citando a su vez al doctor Carlos Martínez Ortigoza]:

Liberaciones. Relativas al retiro de elementos no originales al inmueble y de aquellos que podrán ser restituidos, así como de limpiezas, apuntalamientos, andamiajes, etc.

Reintegraciones. Se refiere a la restitución de partes desmembradas de un objeto en su sitio original para garantizar su conservación. La restitución es reproducir un objeto o parte de éste de acuerdo a un original. Se incluyen, por ejemplo, trabajos de cantería tales como injertos, moldeos, piezas completas de cantera, rejunteos, pátinas; trabajos de madera como gualdras, zapatas, vigas de entrepiso, cancelería, aplicación de tratamientos de conservación a la madera; en metales tales como la reintegración de óculos, barandales, celosías, tratamiento de conservación de metales.

Integraciones. Aplicable en la construcción de elementos modernos o no originales pero que son necesarios para el uso del inmueble como por ejemplo, cancelerías de cristal templado, domos, velarias; instalaciones y muebles sanitarios, sistemas de bombeo presurizado; instalaciones especiales como circuito cerrado de TV, iluminación, voz y datos, sistemas contra incendio; instalaciones eléctricas, subestaciones eléctricas; cisternas, entrepisos metálicos, etc.

Consolidaciones. Se refiere a asegurar, cimentar o dar firmeza y solidez a una cosa. Reunir, volver a juntar lo que antes se ha disgregado de modo que quede firme. Por ejemplo, la aplicación de consolidantes químicos para mamposterías en proceso de disgregación (canteras), inyecciones en muros de mampostería, mechinales, elementos de madera, aplanados, enlucidos, etc.

Complementarias. Como son limpiezas de las áreas de trabajo, acarreos de escombros (interiores y fuera de la obra), etc.

Cada una de estas partidas o paquetes de trabajo puede incluir, a su vez, varias especialidades, ya sea cantería, albañilería, maderas, metales, etc. Estos paquetes de trabajo se desglosan en actividades que suelen ser repetitivas en cada local y/o frente de trabajo, de manera que un catálogo de conceptos de restauración fácilmente puede alcanzar más de mil precios unitarios o conceptos de trabajo.

Así, en la mayoría de los casos, es común que la contratación de este tipo de proyectos se realice bajo la modalidad de “precios unitarios y tiempo determinado” y en raras ocasiones bajo precio alzado, dada la variación de los alcances o la gradualidad de su definición conforme se ejecuta el trabajo.

Como resultado de la experiencia y la práctica profesional no es raro que al término del proyecto el importe de los trabajos extraordinarios alcance arriba del 25% del importe del contrato de origen. Así mismo, también los costos de construcción en restauración generalmente se distribuyen en cerca del 50% relativos a mano de obra, 50% en materiales y un porcentaje mínimo de herramientas y equipo de construcción, mientras los proyectos de edificación en general siguen una regla en la que mayoritariamente el importe corresponde a materiales y equipo de construcción. Esta distribución de los insumos denota el uso intensivo de mano de obra en los proyectos de restauración.

2.4. Características de las PyMe’s constructoras.

La Secretaría de Economía en la publicación de el Diario Oficial de la Federación [D.O.F., 2009] estratifica a las empresas ó unidades productivas en México conforme al sector, al número de empleados y al monto anual de ventas. En dicha estratificación establece un factor de ponderación en el cual se otorga un peso del 90% al monto anual de ventas y un 10% al número de empleados conforme al siguiente cuadro:

| Estratificación | | | | |
|------------------------|-----------------------|--|---|------------------------------|
| Tamaño | Sector | Rango de número de trabajadores | Rango de monto de ventas anuales (mdp) | Tope máximo combinado |
| Micro | Todas | Hasta 10 | Hasta \$4 | 4.6 |
| Pequeña | Comercio | Desde 11 hasta 30 | Desde \$4.01 hasta \$100 | 93 |
| | Industria y Servicios | Desde 11 hasta 50 | Desde \$4.01 hasta \$100 | 95 |
| Mediana | Comercio | Desde 31 hasta 100 | Desde \$100.01 hasta \$250 | 235 |
| | Servicios | Desde 51 hasta 100 | | |
| | Industria | Desde 51 hasta 250 | Desde \$100.01 hasta \$250 | 250 |

Fuente: Diario Oficial de la Federación [D.O.F., 2009]. **Criterios de estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas.**

Las empresas que participan regularmente en proyectos de construcción en restauración se encuentran en la estratificación de PyMe, ya que pertenecen al Sector Industrial, se encuentran en el rango de 11 a 100 empleados y con ventas anuales de 4.01 hasta 250 millones de pesos. Esto se debe a la especialización del trabajo y a que los proyectos de restauración con frecuencia son una porción de proyectos de mayor tamaño. Por otra parte, la contratación de estos proyectos suele realizarse en etapas y, salvo algunas excepciones, los proyectos se contratan completos incluyendo otras especialidades adicionales a las de restauración y con carácter multianual.

Muy diversas publicaciones señalan la importancia de las PyMe's por su contribución a la economía de los países, en función de la cantidad de personal ocupado por este tipo de empresas, el valor de la producción con respecto a la economía en su conjunto y constituir un motor de crecimiento en diversos sectores industriales, comerciales y de servicios que forman parte de la cadena productiva del sector de la construcción.

De acuerdo con la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) [Martínez, 2011], el 93% de las firmas de construcción están clasificadas como pequeñas y medianas empresas (PyMe's), de aquí la importancia de implementar sistemas administrativos que mejoren la gestión de este tipo de empresas, en nuestro caso, mediante el EVM.

Para fines de la implementación del EVM, se hace necesario conocer las características genéricas que comparten las PyMe's. Tomando como referencia una publicación del Ministerio de Economía de Nueva Zelanda [Citado por Martínez, 2011], enunciando las siguientes:

- Tienen un propietario / gerente, con poca experiencia en negocios formales o pocas habilidades de negocios genéricos.
- Comienzan porque el fundador / propietario tiene una competencia técnica particular.
- El propietario es la única persona con cargo directivo y no tienen acuerdos formales para el gobierno de la empresa.
- Operan mediante la confianza, en lugar de operar con base en sistemas y contratos.
- Tienen una cultura organizacional parecida a la organización de una familia, donde los valores del propietario son compartidos por el personal. El lugar de trabajo y las prácticas son flexibles y adaptadas a las necesidades individuales de los empleados.
- Tienen bienes personales comprometidos como garantía de la empresa.
- Operan de manera flexible, en lugar de un cumplimiento estricto de la información y los reglamentos.
- Tienen una visión y perspectiva que está limitada por los horizontes, las habilidades y experiencia del fundador y propietario, presiones de la gestión del día a día y fuertes limitaciones de recursos.

Martínez (2011), agrega que éstas características hacen que los directivos de las PyMe's sean multidisciplinarios y no especialistas, es decir, que ante la dificultad de contar con gran cantidad de personal dedicado a funciones específicas, cada persona frecuentemente desarrolla varias funciones.

Estas características de las empresas PyMe, hacen notar un grado de formalidad bastante bajo en los procesos a realizar para la ejecución de los proyectos. A este respecto, la implementación del EVM contribuye a fortalecer los procesos de seguimiento y control de los proyectos.

Martínez (2011) continúa señalando características organizacionales de las PyMe's, citando a Mintzberg, tales como:

- Las PyMe's son organizaciones con estructuras simples.
- Tienen un reducido staff de apoyo.
- Una división poco estricta del trabajo.
- Una pequeña jerarquía directiva.

Estas características organizacionales ofrecen ventajas competitivas a favor de las PyMe's tales como tener sistemas centralizados que facilitan la flexibilidad y que acortan el tiempo de respuesta y rápida adaptación a los cambios ambientales del mercado. [Martínez, 2011].

Este autor, citando a Rodríguez (1996), distingue otras ventajas adicionales a favor de las pequeñas empresas: la facilidad para la implementación de una nueva tecnología, ventajas para la planeación y organización ya que mantienen una unidad de mando que permite una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas. Las pequeñas empresas también afrontan ciertas dificultades como el hecho de que su administración no es especializada y por lo general la llevan a cabo los propios dueños.

Por otra parte, las medianas empresas poseen varias de las ventajas que poseen las pequeñas destacando que a menudo no pueden absorber los gastos de capacitación y actualización del personal, pero cuando lo hacen, enfrentan el problema de la fuga de personal capacitado. Las dificultades que frecuentemente atraviesan las medianas empresas también incluyen el descontrol de inventarios y la falta de financiamiento adecuado y oportuno.

Martínez (2011) citando a Hernández (2009), comenta que a partir de un estudio realizado por el Banco Mundial y la Secretaría de Economía, las dificultades para la competitividad que enfrentan las PyMe's en México son las siguientes:

- El financiamiento.
- La falta de asesoría empresarial.
- Deficiente administración y organización.
- Recursos humanos no calificados.
- Desconocimiento de mercados y tecnologías.

Particularmente en las PyMe's constructoras mexicanas, continúa [Martínez, 2011], las tareas de planeación y control de la ejecución no se llevan de una manera completa, integrada y equilibrada, lo que conduce a no alcanzar los objetivos de costo y tiempo de los proyectos.

Las dificultades que enfrentan las PyMe's para la obtención de financiamiento por medio de recursos externos a ellas se encuentran ligadas a su capacidad para ofrecer garantías. Así mismo, debido a las características señaladas a lo largo de este apartado, estas empresas representan grandes riesgos de inversión lo que hace que no sean sujetas de créditos. A este respecto, el EVM contribuye a otorgar mayor certidumbre sobre la correcta utilización de los recursos financieros ya que por medio de ésta metodología se comunica de una manera confiable a los inversionistas el estatus de los proyectos. [Fleming & Koppelman, 2002].

La implementación del EVM, como un sistema integral de control de gestión, contribuye a mejorar la administración y la organización de las PyMe's, ya que incluye procesos y herramientas y técnicas tales como la formulación de estructuras de división del trabajo (WBS/EDT) y el establecimiento de los responsables (OBS). Además, como se verá más adelante, en los modelos

para la implementación del EVM la metodología incluye una serie de pasos o procesos que interrelaciona diversas áreas funcionales de la empresa.

La administración y la organización de una PyMe, desde luego, no necesariamente es equivalente a la administración y la organización de un proyecto, estos son conceptos diferentes, sin embargo, **las PyMe's por su tamaño tienden a organizarse por proyectos**, con lo que organizando el proyecto se esperaría incidir positivamente en algunos aspectos de la administración, organización y del desempeño global de la empresa.

Aunque es necesario reconocer que la administración de proyectos es apenas un subsistema que forma parte de un sistema mayor llamado empresa, se deben atender los problemas organizacionales y administrativos relativos a las PyMe's de una manera holística para que las mejoras en esos aspectos lleguen a traducirse en una mayor competitividad y permanencia en el mercado.

Al momento de la formulación de este documento no se han localizado estudios relativos a las características organizacionales de las pequeñas y medianas empresas constructoras en restauración en nuestro país, sin embargo, se estima que las características señaladas en este apartado son de carácter general y describen apropiadamente a una PyMe especializada en Restauración.

Más investigaciones podrían conducir a un mejor conocimiento de las empresas de este tipo, aunque para la implementación de métodos de seguimiento y control como el EVM, se deberán considerar las características particulares de la empresa en la que se pretenda implementar, ya que así se podría conseguir la aceptación de los usuarios, pues el EVM es útil pero sólo si se usa.

2.5. Factores para la implementación del EVM.

Los sistemas de seguimiento y control son considerados como procesos de gestión, sin embargo, los estándares no incluyen guías de aplicación o métodos que relacionen la generalidad del estándar con la aplicación directa por quienes son responsables de la administración de los proyectos [Montes, 2011]. Por lo anterior, se hace necesario plantear un modelo para la implementación del EVM a partir de los factores que intervienen en ese propósito.

A lo largo de este apartado hacemos una síntesis de la investigación realizada por [Kim, 2003], quien a partir de la aplicación de cuestionarios a 272 administradores de proyectos en Estados Unidos, consulta de 10 expertos y el análisis de 6 casos de estudio en diferentes organizaciones de ese país propone los factores de implementación aquí expuestos.

Eun Hong Kim señala que existen pocos estudios relativos a la implementación del EVM, aunque existen diversos ensayos escritos principalmente por practicantes de la profesión. La revisión a la literatura sobre el tema realizada por este autor, le lleva a pensar que existen muchos factores que impactan los procesos del EVM y su implementación exitosa. Incluso, señala, las investigaciones para la implementación de otros procesos administrativos como la administración de la calidad total, tecnologías de la información y tecnologías de manufactura, muestran que no existe un consenso en cuanto a los factores que conducen al éxito de la implementación y la forma de medirla.

Las barreras para la aceptación de la metodología EVM, identificadas a partir de los ensayos escritos por practicantes de la profesión en los Estados Unidos incluyen:

- El desconocimiento de la metodología.
- La centralización de la implementación del método en entidades de gobierno de los Estados Unidos, lo que conduce a una escasa participación de usuarios de la iniciativa privada.
- Conflictos entre consultores y los administradores de proyectos.
- Desconfianza entre las entidades de gobierno y los contratistas.
- La presión para reportar solamente buenas noticias.

Así, Eun Hong Kim planteó un modelo para investigar los factores que intervienen en la implementación del EVM agrupándolos en cuatro tipos:

- **Factores relacionados con la metodología** del EVM, tales como la organización por medio de equipos integrados de trabajo (*Integrated Product Teams, IPT's*), el uso de sistemas informáticos, el uso del Método de la Ruta Crítica, la implementación de la metodología EVM en apoyo a la construcción de un sistema integrado de administración de proyectos (*Integrated Project management*).
- **Factores relacionados con los usuarios** de la metodología del EVM, tales como la experiencia en el uso del EVM, la capacitación del equipo de trabajo en el sitio de los proyectos, las capacidades técnicas y administrativas de los gerentes de proyectos, los cambios en la cantidad de trabajo que implica la implementación del EVM.
- **Factores relacionados con el proceso de implementación** del EVM, como son la comunicación abierta entre los miembros del equipo, contar con recursos suficientes para la implementación, el apoyo de los altos niveles gerenciales para la implementación, la mejora continua de los procesos.
- **Factores relacionados con el ambiente del proyecto**, como la construcción de un ambiente colaborativo de trabajo, lograr que el equipo de trabajo en los niveles inferiores se sienta parte de la implementación.

Kim Eun Hong considera que la implementación del EVM es exitosa en tanto se obtengan las siguientes salidas:

- que sea una metodología aceptada por los administradores de proyectos,
- que sea utilizada,
- que ayude a que los proyectos sean terminados en tiempo, costo y calidad,
- que conduzca a la satisfacción de los usuarios de la metodología.

Los factores más relevantes para la implementación exitosa del EVM encontrados en dicha investigación fueron los siguientes:

1) Factores para una mejor aceptación del método EVM.

El factor más importante para la aceptación del método fue el **reconocimiento de su utilidad por parte de los niveles directivos** y su consecuente utilización por los miembros del proyecto en sus niveles operativos. Así mismo, contar con **apoyo administrativo suficiente**, brindar **capacitación en el uso del método** y contar con **sistemas informáticos**.

Otro factor muy importante a considerar es la influencia que tienen los gerentes de proyectos y gerentes funcionales de las empresas estudiadas por el liderazgo que tienen para **persuadir al equipo de trabajo a usar el EVM**. El autor de ésta investigación señala que cuando los administradores de proyectos cuentan con **capacidades administrativas sólidas** y permiten cierta **flexibilidad en el uso del EVM** por parte del equipo de trabajo en niveles inferiores, la aceptación del método es mayor.

Esta flexibilidad debe consistir en permitir la implementación del EVM bajo la forma que el equipo considere pero bajo ciertas guías generales. La flexibilidad, dice el autor de la investigación, permitirá a los miembros del equipo sentirse partícipes de la implementación y del uso de una metodología considerada como una buena práctica administrativa.

Por otra parte, a medida que la **experiencia en el uso del método** se va incrementando, acompañado de la **capacitación continua**, la aceptación del método se incrementa consecuentemente.

En suma, dice el autor, en la medida en que la experiencia en el uso del método se incrementa aún cuando el nivel de esfuerzo requerido para su uso sea grande, si existe apoyo desde los niveles gerenciales, si los administradores de proyectos tienen habilidades administrativas sólidas, si se proporciona la capacitación necesaria, la aceptación del método es enormemente favorecida.

2) Factores para un mejor uso del EVM.

El autor identifica como factores para un mejor uso del EVM la **periodicidad** y la aplicación del EVM a mayores **niveles de detalle**. Dice que éstos factores dependen en gran medida de la **experiencia en el uso del EVM**, contar con **equipos integrados de trabajo (IPT's)**, el uso del **método de la ruta crítica** como una herramienta de programación complementaria al EVM y de la **facilidad de las comunicaciones** a lo largo de la organización.

Como resultado de los casos de estudio, continúa el autor, la investigación sugiere que no existe una regla fija para elegir el nivel de detalle ni la periodicidad en que se debe usar el EVM.

3) Factores para el mejor desempeño del EVM.

Eun Hong Kim señala que en relación al costo y tiempo para la implementación del método, así como al desempeño del EVM, los factores críticos son el **entrenamiento en sitio del equipo de trabajo**, las **capacidades técnicas y administrativas de los gerentes de proyecto**, el uso de **sistemas informáticos automatizados**, contar con los **recursos suficientes** para la implementación del EVM, **mayores niveles de comunicación** dentro de la organización y lograr un **ambiente colaborativo de trabajo**.

Adicionalmente, el autor menciona que su investigación identifica las siguientes interacciones entre los factores que influyen en la implementación del EVM:

Los **equipos integrados de trabajo** (*Integrated Project Teams*, IPT's) proveen mejores **canales de comunicación** facilitando la cooperación entre los involucrados del proyecto, incluso con los clientes, mejorando el desempeño del EVM y del proyecto, generando a su vez una mayor competitividad de la empresa.

Los IPT's consisten en equipos multifuncionales formados con el propósito específico de lograr la entrega de un producto o el desarrollo de un proceso o política. Los IPT's se forman para propiciar procesos de toma de decisiones paralelos y no secuenciales y para garantizar que todos los aspectos del producto o proceso han sido considerados durante su desarrollo. [DiTrapani, 1996].

Continúa Eun Hong Kim señalando que los **equipos integrados de trabajo** fomentan una **cultura colaborativa**, vital para mejorar el desempeño del proyecto. El uso de equipos integrados de trabajo, en conjunto con el EVM, constituyen un "Sistema Integrado de Administración de Proyectos" dice el autor.

El **soporte desde una oficina central**, es una forma importante de **proveer los recursos necesarios** para la implementación del EVM. Las mayores responsabilidades de esta oficina serán las de establecer algo parecido a "redes de soporte" que incluyen el entrenamiento y servicios de consulta a los administradores de proyectos.

El **intercambio electrónico de datos** (*electronic data interchange*, EDI), es decir, el manejo de los datos por medios informáticos, permitirá a los administradores de proyectos contar con **información en tiempo real** y así permitir la pronta respuesta a los problemas y la toma de decisiones.

El **soporte desde los niveles directivos / gerenciales** es esencial para **proveer los recursos necesarios** para la implementación del EVM.

El EVM es considerado una buena práctica administrativa, sin embargo, en ocasiones es rechazado por la percepción equivocada de ser una herramienta para "auditar" el desempeño del trabajo. Eun Hong Kim dice que para contrarrestar su rechazo se podría reclutar administradores de proyectos con capacidades técnicas y administrativas adecuadas, brindarles entrenamiento en el EVM y permitirles flexibilidad en el diseño de los detalles de su propio sistema EVM.

Con respecto a las características relativas al tamaño y al tipo de los proyectos en los que se pretende implementar el EVM, Kim Eun Hong puntualiza las siguientes consideraciones:

En **proyectos pequeños** se podrán usar **métodos de medición de avances más simples** como el de fórmula fija (50/50) o el método del porcentaje completado. Así mismo, en éste tipo de proyectos, el EVM se podría **implementar a niveles menos detallados** de la estructura de división del trabajo (WBS/EDT) con respecto a proyectos de mayor tamaño.

En **proyectos de mayor tamaño**, los administradores de proyectos tienden a poner más atención en mejorar las **comunicaciones** entre los miembros del equipo del proyecto a diferentes niveles de la organización en comparación con los proyectos de menor tamaño. Así mismo, los proyectos de mayor tamaño, proporcionalmente hablando, requieren mayor cantidad de recursos para la implementación del EVM.

En cuanto al tipo de proyectos, Eun Hong Kim hace una diferenciación entre los proyectos en el sector público y en el sector privado. Señala que **los administradores de proyectos en el sector privado tienden a evitar los esfuerzos adicionales que implica la utilización de EVM**. Los proyectos en el sector público, por su parte, tienden a requerir una mayor cantidad de reportes derivados del EVM.

El **uso de herramientas informáticas** también es un factor clave para la implementación del EVM. Eun Hong Kim señala que como resultado de su investigación, encontró que en Estados Unidos la mayoría de los usuarios del EVM (alrededor del 89%) emplean algún software para el cálculo de las métricas del EVM, en algunos casos emplean software de uso comercial y en otros diseñado en sus propias empresas.

Las conclusiones finales derivadas de esta investigación conducen a pensar que los problemas relativos a los **altos costos de implementación del EVM**, así como la **gran cantidad de trabajo y “papeleo”** **no son factores significativos**.

Eun Hong Kim dice que la conclusión más importante de su investigación consiste en que **la implementación exitosa del EVM no se trata solamente de introducir el uso del EVM en una organización**, sino también de tomar en consideración otros aspectos que atañen a la empresa y al proyecto tales como la formación de equipos integrados de trabajo (IPT's), fomentar una cultura organizacional de colaboración, el compromiso de los niveles directivos / gerenciales, brindar capacitación al equipo de trabajo y contar con herramientas informáticas.

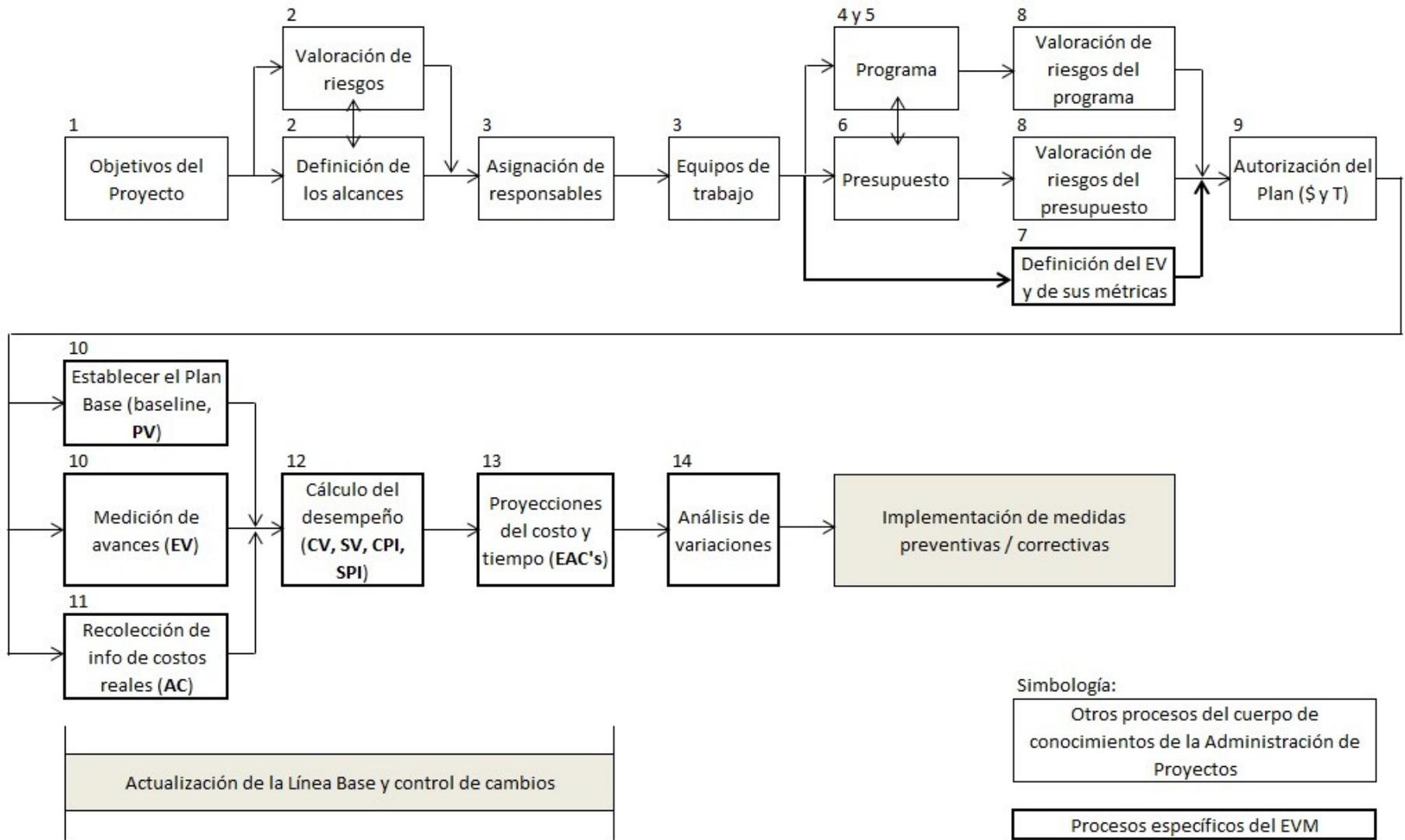
2.6. Procesos para la implementación del EVM en una PyME constructora especializada en restauración.

En este apartado se tratarán los temas relativos a los procesos internos que se deben seguir para la implementación del método desde un punto de vista organizacional en una PyME constructora especializada en restauración.

Existen varios modelos de procesos para el uso del EVM, como por ejemplo, el estándar ANSI/EIA 478 C, el estándar EVM-PMI o los modelos propuestos por otros autores como Christensen, Lipke y Koppelman. Sin embargo, un acercamiento ágil para la aplicación en una PyME lo podríamos encontrar en Humphreys, 2011.

En la siguiente figura se expone el modelo propuesto por Humphreys y la explicación de los procesos para la Administración de Proyectos mediante el EVM haciendo algunas adaptaciones en función de la práctica profesional en nuestro país.

Los procesos resaltados en un recuadro son los que a nuestro juicio forman parte propiamente del método EVM, los demás, son procesos que proporcionan datos o entradas y algunos son salidas desde un punto de vista de *sistema de administración de proyectos*. Los números arábigos indican la secuencia de los pasos propuestos por Humphreys.



Fuente: Administración de Proyectos usando el Valor Ganado. [Humphreys, 2011]

El modelo *integrador* de Administración de Proyectos propuesto por Humphreys pone de relieve los siguientes aspectos:

Paso 1. Definir los objetivos del proyecto.

Definir los objetivos del proyecto consiste en describir los requerimientos técnicos y el tiempo en el que deberá ser ejecutado. En esta etapa se podrían identificar cuales variables presentan mayores niveles de riesgo: los aspectos técnicos, el costo y/o el tiempo, y a partir de priorizarlos definir el plan del proyecto. Los objetivos del proyecto son una formalización del trabajo a realizar a partir de definir y documentar las directrices para alcanzarlos.

En determinadas situaciones, señala Humphreys, el tiempo para la terminación del proyecto puede ser determinante y el costo y el procedimiento constructivo se subordinarían en la medida de lo posible a la variable tiempo.

Esta es la primera aproximación al proyecto y se refiere al grupo de procesos de inicio referidos por el PMBOK-PMI. En este paso se podría conocer el programa de necesidades del cliente, los alcances a un nivel general y las directrices para su ejecución.

En proyectos de construcción podría incluir aspectos relativos a la modalidad de contratación, bases de licitación, normatividad a la que se sujetará el contrato, a los aspectos técnicos de ejecución, ambientales y de seguridad e higiene, restricciones logísticas, identificación de los involucrados, etc.

Paso 2. Definición de los alcances. Valoración de los riesgos.

Una vez definidos los objetivos del proyecto, a continuación se definirán de la manera más completa posible las actividades que se requieren para la ejecución del proyecto, así como realizar una valoración inicial de los riesgos ya que esto contribuirá a disminuir significativamente más adelante cambios al proyecto.

En los proyectos de restauración en México la definición de los alcances generalmente está contenida en el proyecto ejecutivo o diseño para la construcción.

Adicionalmente, en este proceso, Humphreys propone incluir el desarrollo de la estructura de división del trabajo WBS/EDT para la ejecución del proyecto.

Este paso es de gran importancia ya que en este momento del proyecto la inversión que se realice en un buen diseño contribuirá a la disminución de posibles pretensiones/reclamaciones durante la ejecución y sus consecuentes incrementos en costo y tiempo.

Regularmente una PyMe constructora en restauración no forma parte del equipo de diseño, por lo que podríamos considerar que en éste paso recibe el proyecto ejecutivo: planos del proyecto, catálogo de conceptos, especificaciones generales y particulares, el plazo de ejecución propuesto por el cliente, el modelo de contrato y, en general, las bases de licitación. La PyMe revisará esta documentación, planteará dudas, detectará inconsistencias y, cuando sea posible, aportará propuestas de mejora al diseño en beneficio del proyecto en términos de constructibilidad.

La valoración preliminar de los riesgos técnicos es de gran importancia ya que permitirá incorporar a los alcances las actividades que deban ser realizadas para mitigarlos y así evitar en lo posible modificaciones durante la ejecución. Una parte de este paso consistirá en el análisis preliminar del procedimiento constructivo y tomar en cuenta las condiciones ambientales del sitio de construcción así como la logística. Este proceso es parte de la planeación para la ejecución.

A lo largo de la ejecución es frecuente que el proyecto tenga cambios en los alcances, fechas de entrega, aumentos o disminuciones en los costos que se habían estimado, etc. Estos efectos se deben a la incertidumbre propia de los proyectos. Es aquí donde resulta de utilidad la administración de riesgos que los identifique, calcule su impacto y enfrente las amenazas o aproveche las oportunidades que vayan surgiendo con respuestas efectivas.

Paso 3. Asignación de responsables. Integración de equipos de trabajo.

Humphreys dice que una vez definidos los alcances del proyecto, a continuación se podrán asignar los responsables de cada parte de la estructura de división del trabajo (WBS/EDT). El responsable de cada punto de control de la WBS se encargará del seguimiento del alcance, costo y tiempo.

Los responsables de cada parte de la WBS deberán proporcionar los datos relativos al avance físico de su respectivo paquete de trabajo y de los costos asociados a las estimaciones consideradas para efectos de pago a los subcontratistas. Este personal formará parte de la plantilla de campo de la PyMe constructora.

La estructura de desglose de la organización (OBS, *Organization Breakdown Structure*), es la herramienta que permite organizar los recursos humanos de una manera jerárquica, similar a un organigrama, pero disponiendo solo del personal que tenga funciones de responsabilidad en las tareas del proyecto [Alsina, 2013].

Este paso del modelo incluye la selección de los subcontratistas y la forma en que serán contratados, por ejemplo con suministros de materiales y mano de obra o únicamente mano de obra. Este proceso es parte de la planeación para la ejecución.

Humphreys resalta la importancia de alentar el espíritu de trabajo en equipo ya que podría contribuir a requerir un menor número de puntos de control del desempeño y los riesgos potenciales se podrían identificar con prontitud.

Paso 4. Planeación.

El modelo de Humphreys propone realizar conjuntamente la planeación (paso 4) y la programación del proyecto (paso 5). Hemos hecho una adecuación omitiendo la parte de Planeación ya que ésta ocurre en realidad a lo largo de los pasos 1 al 9 y no consiste únicamente del paso 4.

Sin embargo, en este proceso podríamos considerar los siguientes aspectos como parte de la planeación para la construcción: el análisis detallado de las condiciones ambientales del sitio, el estudio del procedimiento constructivo, la planeación de las instalaciones provisionales en el sitio, las posibles interferencias con otras empresas constructoras que se encontrarán trabajando simultáneamente y la logística para el suministro y almacenamiento de materiales, entre otras.

Los aspectos de la planeación para la construcción citados anteriormente, servirán a su vez para la programación y presupuestación del proyecto.

Paso 5. Programación.

En el PMBOK también se conoce la programación como cronograma. Humphreys lo define de una forma muy práctica: consiste en definir qué y cuándo deberán ser ejecutadas las actividades.

La estructura del desglose del cronograma deberá corresponder con la WBS. El cronograma permitirá planear cuándo se realizarán los trabajos. Analizar las dependencias y secuencias de las actividades, asignar recursos y estimar las duraciones de las actividades. Se deberá optimizar la red, nivelando los recursos e identificando el camino crítico del proyecto. De esta manera se obtendrá la línea base del cronograma [Alsina, 2013].

Una particularidad de este proceso en los proyectos de construcción en nuestro país es que el listado de actividades del catálogo de conceptos (que posteriormente constituirá el presupuesto) no necesariamente coincide con la WBS del programa de ejecución. El catálogo de conceptos se organiza por especialidades mientras la WBS y el programa se organizan por fases, frentes, paquetes de trabajo y actividades medibles y controlables [Rosa Deni Hernández, CAPIT-CICM].

Hacer una programación cuyo seguimiento sea factible de realizar y que sea de utilidad para el personal de campo es un factor determinante, por lo que no necesariamente coincidirá con el catálogo de conceptos. Se sugiere que la programación se realice en función de la WBS y se exprese en partes constructivas del proyecto, por ejemplo, “remoldeos en cornisas del nivel 12.50 en el eje 5, del tramo 6-8”. Esto significa que si el catálogo de conceptos señala la actividad “remoldeos en cornisas de 10 cm x 10 cm, unidad: pieza”, en la programación se considere el número de remoldeos necesarios para la restauración de las cornisas en el tramo y nivel indicados, su tiempo estimado de ejecución y en la secuencia requerida conforme al procedimiento constructivo.

En las licitaciones regularmente se solicita formular un diagrama de Gantt conforme al desglose del catálogo de conceptos, sin embargo, como parte de la planeación para la ejecución, es indispensable hacer una programación por el método de la ruta crítica siguiendo las consideraciones del párrafo anterior. El esfuerzo para formular el “modelo” de programación seguramente será grande en un inicio, pero los beneficios que se podrían obtener son mucho mayores durante la ejecución, ya que contar con un programa que establece duraciones e interdependencias entre las actividades, nos permitirá conocer el impacto de los retrasos y de los adelantos en las actividades, inclusive, permitirá modelar situaciones hipotéticas y las posibles consecuencias de las decisiones.

Una situación ideal sería contar con el tiempo suficiente para formular una buena propuesta de licitación en la que se plantee el modelo de programación por el método de la ruta crítica y este modelo sea “traducido” al programa de barras de Gantt en función del catálogo de conceptos, como regularmente se solicita en los procedimientos de contratación. Si la programación mediante CPM se realiza posteriormente a la adjudicación del contrato, lo más probable es que no coincida con la programación planteada en la propuesta técnica de la licitación, aunque una reprogramación suele ser aceptada por el cliente sin modificar el plazo de ejecución (fecha de inicio y fecha de término).

El proceso de “traducción” del programa de obra realizado por medio de la ruta crítica puede realizarse mediante hojas de cálculo donde se sintetizan las actividades programadas por frentes en las actividades del catálogo de conceptos.

La valoración de la factibilidad del programa de ejecución también sería parte de este proceso. En ocasiones las licitaciones de obra pública plantean plazos que son inalcanzables. Esta situación obedece a la necesidad de ejercer los recursos públicos dentro de los ejercicios presupuestales que generalmente son anuales o a fechas compromiso de entrega.

Humphreys indica en su modelo una flecha bidireccional entre el programa y el presupuesto ya que en la realidad ambos procesos son interdependientes. Por ejemplo, las duraciones de las actividades guardan una estrecha relación con los recursos requeridos (materiales, mano de obra, herramientas y equipos de construcción), representados a través de consumos y rendimientos, y que a su vez son utilizados en la valoración de los costos unitarios del presupuesto.

Paso 6. Presupuesto.

En el PMBOK a este proceso se le conoce como *estimating*. Tratando de traducirlo al español podríamos entenderlo como la estimación de los costos de construcción. Humphreys lo define como un “pronóstico de qué tanto costará ejecutar el proyecto”. La realidad es que precisamente se trata de formular un pre-supuesto, una anticipación de los costos o suposición de lo que costará realizar las actividades del proyecto indicadas en el catálogo de conceptos, previamente a su ejecución. Conforme al PMBOK, este proceso constituirá la Línea base de costos.

Resaltábamos anteriormente la importancia de tomar en cuenta las actividades que serán necesarias para la ejecución del proyecto, en la que la valoración de los riesgos juega un papel muy importante. También mencionamos en el apartado relativo a las características de los proyectos de restauración que frecuentemente la definición de las actividades era en cierta forma gradual conforme se va ejecutando el mismo. A este respecto, los proyectos de restauración ofrecen la alternativa de disminuir o incrementar las cantidades de trabajo conforme se va monitoreando el presupuesto a la terminación BAC, habiendo actividades que no se podrán cancelar por ser indispensables, pero otras actividades que no lo son podrían tener incremento o disminución en sus cantidades con el objetivo de evitar exceder los recursos económicos destinados al proyecto [Dr. Arq. Gabriel Mérito Basurto].

Existen diferentes alternativas y niveles de detalle para valorar el costo del proyecto, sin embargo, vale decir que en los proyectos de construcción en restauración de nuestro país, la alternativa más común es integrar un presupuesto a partir de precios unitarios, es decir, precios por unidad de obra.

Los costos directos se obtienen a partir de los consumos y rendimientos de los insumos considerados en la programación debiendo guardar congruencia entre el cronograma y el presupuesto.

Los costos indirectos generalmente son gastos fijos, ya que están en función del tiempo de ejecución del proyecto. En los proyectos de restauración, el mayor importe de los gastos fijos está constituido por la plantilla de personal técnico y administrativo en campo, la cual depende del tiempo de ejecución y no tanto de la obra ejecutada.

En los costos indirectos de proyectos de restauración es bastante frecuente tener que considerar seguros de responsabilidad civil, sobre todo cuando se trata de restauración de obras de arte que estuvieran expuestas a daños.

Para valorar adecuadamente los costos indirectos de oficina central se requiere contar con información que generalmente reside en el área contable o administrativa de la empresa constructora. Desafortunadamente no es común contar con esta información en las PyMe's constructoras y para efectos de presupuestación generalmente se realizan valoraciones estimadas. Los costos indirectos de oficina de campo, en cambio, si pueden ser valorados por las áreas técnicas de la empresa constructora mediante un análisis más detallado a partir de la información obtenida de los pasos 1 a 5 propuestos por Humphreys.

El presupuesto total del proyecto (BAC), se integra multiplicando los precios unitarios de las actividades indicadas en el catálogo de conceptos por las cantidades de obra que supuestamente son necesarias para su ejecución. Las actividades se integran por especialidad en partidas y éstas a su vez en fases y la suma de éstas constituye el presupuesto total. Según el PMBOK esta forma de presupuestación correspondería al método de "estimación ascendente".

Cabe mencionar, que las cantidades de obra son proporcionadas por la entidad convocante y supone que son obtenidas a partir del proyecto ejecutivo realizado por una empresa proyectista o de diseño, por lo que la empresa constructora no interviene en su obtención. Las cantidades de obra señaladas en el catálogo de conceptos de licitación con mucha frecuencia presentan fuertes diferencias con respecto a la obra realmente ejecutada, por lo que es indispensable contar con una cuantificación propia y monitorearla mediante una *tabla proforma* de conceptos normales, excedentes, extraordinarios y cancelados. La actualización continua de esta tabla permitirá monitorear periódicamente el presupuesto a la terminación (BAC).

En los proyectos de restauración ocurre con mucha frecuencia que al final de la construcción, el importe de los conceptos normales realmente ejecutados llega a representar del 30% al 50% con respecto al catálogo original y la diferencia corresponde a conceptos excedentes y extraordinarios. Esto nos brinda una idea de la enorme diferencia entre los alcances planeados con respecto a los ejecutados.

Tanto el cronograma como el presupuesto deben ser autorizados como líneas base del proyecto. Tales autorizaciones deben obtenerse cada vez que existan cambios tanto en el presupuesto como en el cronograma dando lugar a una nueva línea base.

Paso 7. Definición del EVM y sus métricas.

Humphreys señala que el aspecto más importante de este proceso es definir la forma en la que serán medidos los avances del proyecto y cómo se obtendrán los costos asociados al avance del trabajo ejecutado.

Este paso es parte de los procesos de planeación sugeridos por el PMBOK-PMI, de manera que aquí se establezcan directrices para:

7.1 Definir cuáles serán los indicadores o métricas.

7.2 Las unidades de medición a utilizar.

7.3 Definir los puntos de control: el nivel de la WBS y la periodicidad de las revisiones.

- 7.4 Seleccionar la(s) técnica(s) de medición de los avances.
- 7.5 Definir la forma de obtener los costos reales.
- 7.6 Establecer los límites o umbrales de las desviaciones en costo y tiempo para emprender acciones.
- 7.7 La forma en la que serán autorizados los cambios de la Línea Base de Desempeño.

7.1 Definir cuáles serán los indicadores o métricas a utilizar.

En el desarrollo de la presente tesina se han presentado los indicadores tradicionales del EVM, las métricas de desempeño global de un proyecto y la extensión al EVM conocida como Cronograma Ganado (ES). La selección de estos indicadores es resultado de la revisión a diversa bibliografía que sensiblemente incluye las métricas más importantes para conocer el estatus de un proyecto y serán más adelante utilizados en un caso práctico.

La diferencia cultural de la forma de trabajo en otros países respecto a México podría conducir a incluir indicadores adicionales a los que propone el EVM. Por ejemplo, para llevar a cabo el control interno de una empresa constructora, a los propietarios podría interesarles conocer el importe de la inversión realizada en el proyecto, incluyendo todas las erogaciones como los anticipos pagados a subcontratistas. Sin embargo, la metodología del EVM nos sensibiliza al cálculo del costo incurrido para la ejecución del avance, excluyendo anticipos, pues son erogaciones que no han generado un avance físico en el proyecto. Evidentemente estaríamos hablando de dos cosas diferentes, de los costos del proyecto y de los aspectos financieros del proyecto. Esto nos conduciría a que un sistema de control en una empresa constructora en México también incluya indicadores de tipo financiero en sus reportes.

7.2 Las unidades de medición.

Hemos citado en la sección *El Método del Valor Ganado*, la conveniencia de utilizar las unidades monetarias como **unidades de medición** en los proyectos de construcción, a diferencia de los proyectos de diseño o ingenierías en los que se recomendaría el uso de Horas Hombre HH. Ahora el tema será decidir si emplear los datos del presupuesto a **costo directo** o a **precio unitario**. Una segunda decisión será emplear **cantidades de obra** con base en las estimaciones de cobro al cliente o cantidades basadas en estimaciones de pago a contratistas. Cualquiera de estas combinaciones (cantidad x costo unitario) dará como resultado el importe a utilizar para establecer el PV, EV y el AC.

Los factores que permitirán decidir la forma de obtener los importes serán:

- la disponibilidad de la información,
- quién dará uso a la información y/o a quién se reportará la información,
- los procesos administrativos existentes en la PyMe.

En términos de **disponibilidad de la información**, en determinadas situaciones los directivos de las PyMe's podrían considerar los costos indirectos, de financiamiento y utilidad como información reservada, en cuyo caso la opción es usar el costo directo. En otras situaciones, el personal de campo podría no llevar eficientemente un control de las cantidades pagadas a los contratistas, en cuyo caso la opción será utilizar las cantidades de cobro al cliente, y que podrán ser obtenidas a través de las estimaciones.

Los datos a costo directo suelen obtenerse más fácilmente al encontrarse en poder de las áreas técnicas de compras/almacén, costos y control de obras, mientras los datos relativos a los costos indirectos suele ser reservada al (los) propietarios de la organización ejecutora y a las áreas administrativas o contables que guardan con cierto celo dicha información.

Considerar los importes del EV y PV a precio unitario, implicará que en el AC deban incluirse las erogaciones relativas a los insumos que intervienen en el costo directo más los gastos indirectos y de financiamiento. De esta forma la diferencia entre EV y AC correspondería a la utilidad/pérdida acumulada de la empresa ejecutora a la fecha de corte.

Quién dará uso a la información y a quién se reportará la información que proporciona el EVM también orientará la forma en la que se seleccionarán los datos, por ejemplo, para el control interno de una empresa PyMe constructora el avance físico se podría acreditar a partir de las **cantidades de trabajo pagadas a contratistas y destajistas**, lo que reflejaría el importe del trabajo al que se tiene derecho a cobro aún cuando los avances no se encuentren completamente documentados en estimaciones de cobro. Por otra parte, desde la perspectiva del dueño del proyecto, los avances solo se podrán acreditar a través de las estimaciones formuladas por la empresa ejecutora y validadas por la supervisión.

Si el EV se calcula con base en cantidades ejecutadas por subcontratistas a costos directos del presupuesto, el EV nos daría una idea más fiel de la **inversión realizada por la empresa ejecutora** del Proyecto, aún cuando el trabajo ejecutado todavía no esté debidamente documentado pero debido a la periodicidad de los datos, sería un parámetro más cercano al avance físico real. La diferencia entre el EV y el AC representaría, en caso de ser positiva, una ganancia adicional al costo directo a favor de la empresa ejecutora.

Así mismo, utilizar las cantidades de obra autorizadas en estimaciones de cobro conducirá a que las métricas del EVM reflejen información con un cierto desfase de tiempo, correspondiente al tiempo que demore la conciliación de los números generadores de obra y autorización de dichas estimaciones.

Con respecto a los **procedimientos administrativos prevalecientes en la PyMe** (activos de los procesos de la organización), en la práctica profesional nos hemos encontrado dos enfoques: uno en el que la empresa reduce al mínimo sus labores administrativas en oficina central, fomentando la contratación de los subcontratistas con material y mano de obra, en el cual observamos la ventaja de canalizar mejor sus esfuerzos en el control de la calidad de los trabajos y no tanto en otros aspectos administrativos como por ejemplo la compra de materiales; y otro enfoque en el cual se cuenta con una plantilla administrativa un poco más robusta en la que el departamento de compras realiza la adquisición de la mayoría de los materiales y se contrata a los contratistas preferentemente solo la mano de obra, priorizando así los ahorros en costos que pudiera representar realizar compras de materiales directamente.

En cualquiera de los dos casos mencionados anteriormente, la implementación del EVM podría implicar ajustes a los procedimientos administrativos existentes en la PyMe, y mejorar la forma de trabajo actual para el seguimiento y control de sus proyectos.

Para que el uso del EVM y sus métricas reflejen realmente el estatus del proyecto, se sugiere considerar procedimientos administrativos que permitan:

- El **uso de procesos básicos de control existentes** en la PyMe constructora, que minimicen en lo posible la carga de trabajo que implica la recolección de datos, facilitando así la posibilidad de implementar el EVM.
- Reflejar de manera **oportuna** los datos, con una periodicidad semanal. Por ejemplo, en el caso de usar información a partir de las estimaciones pagadas a destajistas y/o subcontratistas, es posible conseguir esta periodicidad, ya que generalmente los contratistas solo pueden hacer cobros a la empresa constructora mediante estimaciones semanales.
- **Aprovechar al personal existente en la plantilla de personal en campo** para la recolección de los datos.
- **Evitar el riesgo de que se “sobre estimen” los avances reales.** En la práctica este proceso se puede complementar con inspecciones en obra que darían cuenta de la existencia de excesos de pagos. Por otra parte, en caso de contar con una supervisión externa a la empresa ejecutora, se pueden hacer comparaciones periódicas de los avances aprobados por la Supervisión y los avances proporcionados por el personal de campo de la empresa ejecutora. Así, de alguna manera, se aprovecha la revisión de una Supervisión Externa al Proyecto, en favor del equipo de control interno de la empresa ejecutora.
- La **valoración oportuna de los costos fuera de catálogo o extraordinarios** del proyecto, ya que deberán ser calculados, conciliados y aprobados con mayor prontitud. Esto es un reto para las PyMe's constructoras, pues en la práctica, el tiempo transcurrido entre la ejecución del trabajo y la conciliación y autorización del precio unitario puede ocurrir después de dos a tres meses y en ocasiones se requieren plazos aún mayores.

7.3 Definir los puntos de control: el nivel de la WBS y la periodicidad de las revisiones.

Las métricas del EVM se podrían aplicar en diferentes puntos de control de la WBS/EDT, midiendo el EV durante la ejecución del proyecto en dichos puntos, obteniendo el costo incurrido para realizar el avance en los mismos puntos de control y comparándolos contra el PV o PMB (*Performance Measurement Baseline*).

La definición del nivel y de los puntos de control en los que se apliquen las métricas del EVM y la periodicidad de las revisiones repercuten directamente en la cantidad de datos y por lo tanto en el “papeleo” que implicará la implementación de este método de control y seguimiento de proyectos. Se sugiere que las directrices en este sentido sean encaminadas a que la información resultante sea útil y oportuna y que no genere esfuerzos excesivos que impliquen incremento de personal y consecuentemente altos costos de implementación.

Vandervoorde y Vanhoucke recomiendan que el método se aplique al nivel de cuentas de control de costos (posiblemente equivalente al nivel de actividades o conceptos de trabajo) o a niveles más altos (por ejemplo a nivel partidas, fases o a nivel proyecto), en contraposición a Jacob que argumenta que las métricas de pronóstico del tiempo solo podrán ser utilizadas con efectividad al nivel de actividad [citado por Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M., 2005]. Por su parte, [Alsina, 2013] refuerza la idea de aplicar el EVM en niveles más arriba que el nivel de actividades ya que “es más sabio y más sencillo controlar con el EVM al nivel de los entregables o en grupos adecuados que reúnan paquetes similares de trabajo”.

La cantidad de los puntos de control dependerá del tamaño, clase y complejidad de los proyectos. En los proyectos de gran magnitud se puede requerir un control hasta el nivel 4 o 5 de la WBS, mientras que en proyectos menores bastará efectuar el control al nivel total del proyecto o a lo mucho el nivel 2, dependiendo de la variedad de los paquetes de trabajo. [Alsina, 2013].

Los puntos de control son dinámicos, debido a cambios en la WBS y, por tanto, a cambios de la línea base de los alcances, cronograma y presupuesto. Cada cuenta de control (CA, *Control Account*), requiere la designación de un responsable para administrar todos los paquetes de trabajo que estén por debajo del punto de control a su cargo. Un responsable puede controlar un solo paquete de trabajo o una agrupación de paquetes similares en diversos niveles del WBS/EDT [Alsina, 2013].

Durante la ejecución, el responsable de una cuenta de control administrará y controlará el alcance, el programa de ejecución y el presupuesto de trabajo en todos los paquetes de trabajo debajo del punto de control asignado, comparándolos contra los mismos elementos del plan y se encargará de reportarlos a niveles superiores.

Una cuenta de control tiene como mínimo los siguientes elementos: [Alsina, 2013].

- Descripción del alcance de los trabajos de la cuenta.
- Paquetes de trabajo incluidos y actividades y sus códigos del WBS.
- Fechas de inicio y terminación de los trabajos incluidos en la cuenta.
- Costo asignado a la cuenta, según el presupuesto aprobado.
- Persona responsable por los trabajos (actividades) bajo la cuenta.
- Atributos de medición de los paquetes de trabajo y actividades incluidos.
- Reglas de medición de los trabajos para obtener el valor ganado EV.
- Código de cuenta del sistema de contabilidad para obtener los costos reales AC.
- Adicionalmente, una cuenta de control puede tener su PMB individual y requerirá el cálculo de las métricas del EVM en ese nivel.

La suma de todas las cuentas de control debe coincidir con el monto total del presupuesto a la terminación (BAC).

Los **reportes de desempeño** deben tener una **periodicidad** que dependerá de varios factores como son la duración total del proyecto, las necesidades de información del dueño del proyecto o inclusive de las cláusulas señaladas en el contrato, del tamaño, tipo y complejidad de los proyectos. La información que usualmente se reporta en los proyectos de construcción consiste en:

- El estado actual del diseño,
- El estado actual de las adquisiciones,
- Las actividades en proceso de ejecución,
- La evaluación de los riesgos,
- Las actividades realizadas para alcanzar las especificaciones de calidad,
- Las solicitudes de información constructor – diseñador (RFI's),
- Los **indicadores de variación** e **índices** obtenidos con el **EVM**,
- Las **proyecciones de los costos y el tiempo**.

Para los proyectos de construcción los datos podrían obtenerse semanalmente aunque las revisiones y emisión de los reportes se realicen con una periodicidad catorcenal o mensual. Reportar semanalmente en las juntas regulares con los involucrados del proyecto podría ser excesivo, y dependiendo de la duración total del proyecto y la problemática que pudiera presentarse en su ejecución, podría elegirse una periodicidad catorcenal o mensual. Los proyectos con fuertes desviaciones respecto al plan exigirán un seguimiento con mayor frecuencia.

7.4 Seleccionar la(s) técnica(s) de medición de los avances.

En el apartado relativo a *El Método del Valor Ganado* hemos descrito con detalle las alternativas de medición de los avances conforme al *Practice Standard for EVM* del *Project Management Institute*. Cabe recordar que aunque este estándar establece que la técnica del porcentaje terminado se basa en porcentajes de avance obtenidos de forma apreciativa, la normatividad de obra pública y la práctica profesional en nuestro país nos permiten usar esta técnica de una manera más estructurada, mediante la relación de la cantidad de obra ejecutada de cada actividad respecto de la cantidad total planeada.

Esto nos sugiere que para un funcionamiento adecuado de esta técnica de medición, la cantidad total planeada debe ser muy cercana a la realidad, en caso contrario, los porcentajes de avance no reflejarán el estatus real del proyecto. Lo anterior, debido a que no se cuenta con la certeza de que las cantidades de obra del catálogo de conceptos se cumplan, utilizar esa cantidad como el 100% del trabajo a ejecutar, al nivel de las actividades, conduciría a errores en el avance reportado.

Imaginemos por ejemplo, que reportamos en el periodo 5 un avance acumulado del 25.3% y en el periodo 6 reportáramos un avance acumulado del 21.6%, una disminución aparente del avance causado por el incremento de la cantidad total a ejecutar. Esto no sería posible y nuestro reporte perdería credibilidad.

En este sentido, la alternativa es revisar periódicamente durante la ejecución la cantidad total de obra, ya sea que se identifiquen adiciones o disminuciones y/o cancelación de actividades, y valorar los avances a partir de los importes que se han ejercido a la fecha de una manera absoluta y no en relación al importe total planeado de cada actividad. Sin embargo, al nivel proyecto y frentes (1er y 2º nivel de la WBS) de alguna manera si sería necesaria la comparación de los importes que se planearon ejercer con respecto a los importes realmente ejercidos a la fecha de corte.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), una institución líder en construcción de hospitales en México, regido por la normatividad de obra pública federal, establece un criterio de medición del avance global de un proyecto a través de la siguiente ecuación:

$$AFG = \frac{(MTEC + OE + E + SR + CA) \times 100}{CT}$$

Donde:

- AFG** Avance físico global (expresado en %),
- MTEC** Monto total estimado y pagado del contrato de obra vigente con el Impuesto al Valor Agregado a la fecha de corte (expresado en \$),
- OE** Obra ejecutada no estimada con el Impuesto al Valor Agregado (\$),

- E** Equipo suministrado en obra, valorado a costo directo con el Impuesto al Valor Agregado (\$),
- SR** Monto total pagado de los servicios relacionados vigentes (Estudios de mecánica de suelos, Dirección Arquitectónica, Director Responsable de Obra, Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas, Supervisión Externa, Servicios municipales (agua, drenaje, energía eléctrica, telefonía, Licencias y Permisos, etc.), con el Impuesto al Valor Agregado (\$),
- CA** Importes ejercidos de los contratos (fases) anteriores de esa misma obra con el Impuesto al Valor Agregado (\$),
- CT** Costo total de la obra con el Impuesto al Valor Agregado (\$).

En la ecuación anterior se puede observar en primera instancia que el avance del proyecto se valora a partir de importes o unidades monetarias. Este criterio para la medición del avance físico considera la obra ejecutada estimada **MTEC** (aquella aprobada para pago por el dueño del proyecto) y la que se encuentra ejecutada pero en proceso de ser documentada y aprobada para pago **OE**.

El suministro de equipo propio del inmueble (**E**) también es incluido en el cálculo del avance según el IMSS, aunque para efectos de éste trabajo no se considerarán como avance pues en la práctica solo se acredita en caso de que el alcance del concepto de trabajo incluya únicamente el suministro.

En el presente documento no se consideran las variables **SR** y **CA** debido a que son importes que corresponden a otras fases del proyecto y, por tanto, en el Costo Total **CT** también se deben excluir.

Por último, la ecuación propuesta por el IMSS incluye importes con IVA, es más apropiado no incluirlos desde la perspectiva de una PyMe constructora ya que los impuestos no son sujetos de seguimiento.

7.5 Definir la forma de obtener los costos reales

Para **determinar el Costo Real**, la PyMe debe utilizar un sistema contable que permita llevar el registro de los costos por cada punto de control establecido dentro de la WBS y con respecto al periodo o fechas en las que se realizan las erogaciones. Este sistema de registro debe formar parte de los **activos de los procesos de la organización**. En caso de no contar con estos sistemas de registro, será necesario plantear uno que se adapte a la forma de trabajo de la empresa constructora y así estar en posibilidad de obtener datos para la aplicación del EVM.

Para efectos del presente trabajo, partiendo del punto de vista de la empresa ejecutora del proyecto, **se propone evaluar el importe de los costos del proyecto** a partir de la información que generalmente se encuentra disponible en la empresa:

- El importe de las compras de materiales y equipo propio del inmueble.
- El importe de la obra ejecutada por destajistas (únicamente mano de obra).
- El importe de la obra ejecutada por subcontratistas (suministros de materiales y mano de obra).
- El importe de la mano de obra ejecutada por administración directa (listas de raya).
- El importe de las rentas de herramientas y equipos de construcción o la parte correspondiente a los cargos fijos (por depreciación, inversión, seguros y mantenimiento), cargos por consumo y cargos por operación de los mismos.

El costo de los suministros (materiales, herramientas y equipos) podrá ser obtenido a partir de reportes del área de compras y del almacén en campo. El costo de los destajos, subcontratos y pagos por administración o listas de raya podrán ser obtenidos a partir de reportes del área de control interno encargada de la autorización de las estimaciones semanales a los destajistas/subcontratistas.

En el cálculo del AC se sugiere integrar los costos y gastos en que se ha incurrido para la ejecución del EV, descontando los anticipos otorgados a proveedores y contratistas, pues las erogaciones realizadas por concepto de anticipos no representan propiamente un avance físico. Las erogaciones realizadas por concepto de anticipos forman parte más bien del análisis de financiamiento requerido para la ejecución del proyecto.

La problemática para la cuantificación y medición de los costos asociados con materiales y subcontratos se presenta “cuando los costos por materiales y subcontratos no están sincronizados con el Valor Planeado, el Valor Ganado y los Costos Actuales incurridos”, es decir, “cuando la recepción de los bienes materiales que forman parte importante del proyecto y el pago al proveedor se hacen en diferentes periodos”. La solución a este problema podría lograrse de la siguiente forma [Bello, 2000]:

Reducir de los costos actuales:

- Pagos adelantados sin trabajo desarrollado (anticipos, pagos a cuenta).
- Materiales en almacenes sin trabajo desarrollado.

Incrementar a los costos actuales:

- Pagos retenidos a los proveedores por conceptos que ya se han registrado como trabajo realizado (retenciones, fondos de garantía).
- Importes del trabajo desarrollado por los proveedores, pendiente de pago (cuentas por pagar del trabajo realizado).
- Costos retrasados de trabajo desarrollado (envíos tardíos).

En la actualidad se cuenta con muy diversas herramientas informáticas que permiten realizar el registro de datos relativos a los avances programados, al avance real conforme se ejecuta el proyecto y de los costos. Una parte de la dificultad para su implementación en una PyMe radica principalmente en el costo de adquisición de dichas herramientas y los costos y tiempo de capacitación del personal que haga uso de él. Desafortunadamente en la industria de la construcción en México y particularmente en las pequeñas y medianas empresas constructoras la innovación y el uso de tecnologías actuales no es una fortaleza.

Aún cuando la adquisición de la licencia de uso de tales herramientas informáticas especializadas pueda constituir un obstáculo para la implementación del EVM, el método puede ser implementado en una PyMe mediante el uso de hojas de cálculo, que es una tecnología accesible prácticamente a cualquier pequeña y mediana empresa constructora.

7.6 Establecer los límites o umbrales de las desviaciones en costo y tiempo para emprender acciones.

En secciones anteriores de este trabajo se han descrito algunas consideraciones para establecer los límites o umbrales de control. Ver por ejemplo al final de *El Método del Valor Ganado y El Seguimiento y control de proyectos mediante la Extensión para proyectos de construcción*.

Los límites o umbrales de control están muy estrechamente relacionados con el grado de madurez en el uso del EVM, es decir, con la experiencia en su uso, ya que de esta forma se podrían establecer parámetros o metas realistas y por lo tanto alcanzables.

En los contratos de construcción se establecen las penalizaciones a que se hace acreedora una empresa en función del atraso en el programa, se establecen restricciones en el porcentaje que se podrían exceder las cantidades de obra y el porcentaje máximo al que podrá llegar el importe de los conceptos extraordinarios, con respecto al contrato original.

Sin embargo, en relación al tiempo, estos aparentes umbrales de control se establecen desde el enfoque de la entidad contratante y para efectos de control interno de la empresa ejecutora más bien se deberán establecer umbrales más estrictos que eviten hacerse acreedores de dichas penalizaciones. Por ejemplo, en la normatividad de obra pública federal mexicana se establece que las penalizaciones podrían ser devolutivas si se corrige el atraso en el programa (antes de la fecha de terminación contractual del proyecto) y señala que el importe acumulado de las penalizaciones no podrá ser mayor al monto de la garantía de cumplimiento del contrato, en cuyo caso, podría iniciarse un procedimiento de rescisión administrativa. Esto significa que dicha normatividad no especifica claramente el porcentaje de atraso que pudiera representar un umbral de control con respecto al tiempo.

En relación a los costos, las restricciones también tienen un enfoque derivado de la protección de los intereses de la entidad contratante, en cuanto a evitar rebasar los límites presupuestales destinados al proyecto, los cuales son diferentes a los costos incurridos en la ejecución del avance reportado. Estos últimos costos son los que interesan principalmente a la empresa constructora ya que denotarían pérdida o utilidad. La pregunta en relación a los costos sería ¿hasta donde está dispuesta a perder la empresa constructora? Desde luego que esto no es admisible, sin embargo, es importante detectar de una forma temprana cuando esto ocurra y revisar si las métricas del EVM se están calculando correctamente.

Por lo anteriormente expuesto, no podríamos sugerir en este momento valores fijos para los límites de control de los proyectos de construcción en restauración que se ejecutan en nuestro país. No se ha localizado información que exponga este aspecto en relación a México. Sin embargo, cuando se presenten variaciones que denoten atraso en el programa y/o costos por arriba de los planeados y cuando la tendencia muestre que estos valores adversos al proyecto empeoran, se deberá identificar las causas y emprender acciones, cuando la respuesta a las causas no sea satisfactoria al Gerente del Proyecto.

Por último, cabe recordar que es factible devolver el programa al plan, empleando diversas técnicas, conocimientos y experiencia en proyectos similares, pero los costos difícilmente podrán corregirse, como claramente expone el PMBOK.

7.7 La forma en la que serán autorizados los cambios de la Línea Base de Desempeño.

Los cambios ocurren con frecuencia en cualquier proyecto de construcción, en los proyectos de construcción en restauración aún más, por la naturaleza misma de este tipo de proyectos y que ya se han expuesto en este trabajo.

La Línea Base del Proyecto (PMB) deberá mantenerse el mayor tiempo posible [Alsina, 2003], para lo cual será necesario un sistema de **control integrado de cambios**, con el fin de evitar cambios innecesarios para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Conforme los cambios sean necesarios y debidamente aprobados será necesario modificar el PMB con nuevos costos estimados y/o fechas de entrega diferentes. Cada vez que se realicen cambios al PMB estará cambiando el PV contra el que se compara el EV y el AC.

Formalizar los cambios en los proyectos que desarrollan las pequeñas y medianas empresas constructoras implica un esfuerzo que frecuentemente no se desea realizar. Algunos argumentos tienen que ver con la prontitud con la que se deben dar soluciones en el sitio de los trabajos, evitar la burocracia para documentar los cambios, el papeleo excesivo percibido por los involucrados, e inclusive, en ocasiones, el diseñador o proyectista no admite las deficiencias de su diseño aún cuando pudieran conducir a cambios en beneficio del proyecto. Desafortunadamente los cambios también tienden a ser propuestos por los constructores, en aras de corregir consideraciones de costo y tiempo mal valoradas al momento de formular sus propuestas técnico económicas en la licitación y obtención del contrato.

Los cambios son inevitables. Lo importante aquí es la forma en la que se deberán documentar. A lo largo de las cátedras presentadas por los instructores de la Especialidad en Administración de Proyectos de Infraestructura, del Colegio de Ingenieros Civiles de México, se ha expuesto la importancia de llevar a cabo el control de cambios [Raúl Méndez Díaz, CAPIT-CICM]. En términos sencillos y como resultado de los conocimientos y experiencia se podría aprender que documentar los cambios proporciona grandes ventajas tanto al Proyecto como a los involucrados. Por ejemplo, desde la perspectiva del constructor, la documentación de los cambios le permitirá dar soporte a sus solicitudes de pago de las pretensiones/reclamaciones, en caso de no contar con ellas existe un riesgo muy alto de no poder cobrar los trabajos derivados de esos cambios.

Para efectos de incluir los cambios aprobados en las métricas del EVM, en principio, se deberá definir el periodo de tiempo en el que los cambios se tendrán por autorizados y quién de los involucrados tendrá el poder formal de hacerlo.

En la práctica profesional el trabajo es autorizado verbalmente y/o mediante un croquis, en ocasiones se documenta al mismo tiempo en una bitácora de obra o mediante oficios, se formula “el boletín del control de cambio”, su trámite se extiende hasta la intervención del área de proyectos y pasa por las jefaturas de área y quizá hasta la dirección de obras, se formulan puntos de acuerdo, en seguida los convenios, se autorizan por un área jurídica y finalmente regresan al área de obras con la autorización del cambio. ¿En cuál de éstos pasos de autorización se tendrá por aprobado el cambio?, pues éste proceso puede demorar meses. **Para efectos de la aplicación del EVM, el cambio se podría considerar por aprobado en cuanto se cuente con un boletín que incluya los detalles técnicos para su ejecución, la nota de bitácora u oficio que instruye a la constructora a su ejecución y el precio extraordinario se encuentre conciliado.**

Por lo anteriormente expuesto, la efectividad del método EVM como alerta temprana del estatus del proyecto estará determinada por el momento en que se considerarán autorizados los cambios y estar en condiciones de incorporarlos a la Línea Base de Desempeño, que actualizarán la WBS/EDT y serán objeto de seguimiento en cuanto a costos y avances.

Paso 8. Valoración de los riesgos en el programa y del presupuesto.

Humphreys señala que en la medida en que los márgenes de utilidad de las empresas son menores en ambientes altamente competitivos, se debe realizar la valoración de los riesgos del proyecto. Los riesgos que sugiere tratar este autor son principalmente los relativos a los aspectos técnicos, los riesgos en el programa y del cumplimiento de los costos considerados en el presupuesto. Comenta que ignorar los riesgos no los aminora y por el contrario, la mayoría de las veces incrementa sus efectos (generalmente negativos) en el proyecto.

La identificación de los riesgos permitirá tomar en cuenta los factores que tengan influencia en la presupuestación y programación de los trabajos. Por ejemplo, en los aspectos financieros: el cumplimiento de la periodicidad de los ingresos, la fecha en la que se recibe el anticipo o si el contrato no lo considera, etc., todo esto necesariamente impactará el costo financiero y el tiempo de ejecución, pues sin recursos económicos los proyectos no pueden ser ejecutados.

En los costos indirectos, por ejemplo, la posibilidad del incremento del plazo de ejecución genera también un incremento considerable en el importe de la plantilla de personal.

En cuanto a riesgos relacionados con los alcances podríamos señalar que una práctica muy común y distintiva de los proyectos de restauración consiste en que los sistemas de andamiaje se deben considerar como una actividad por separado en la integración del catálogo de conceptos, sobre todo en los trabajos de restauración de fachadas y monumentos de gran altura. En algunas entidades contratantes no se concibe la importancia de este aspecto y prefieren que estos costos sean prorrateados en cada concepto de trabajo, sin embargo, por la naturaleza de los trabajos de restauración (alta variación en las cantidades de obra) y que el costo de los andamios es una renta fija (se realicen trabajos o no), inminentemente implica un alto riesgo la posibilidad de no alcanzar a amortizar dicho costo y resulte en pérdida para la empresa constructora.

Los sistemas de andamios en relación al cumplimiento del plazo de ejecución del proyecto también implican riesgos, ya que las operaciones de montaje y desmontaje pueden consumir inclusive tres a cuatro semanas, el atraso en actividades que impidan el desmontaje recorrerá invariablemente la fecha de entrega del proyecto.

Otros factores de riesgo en los proyectos de restauración, por ejemplo, son los tiempos de solicitud y entrega de materiales, en ocasiones sujetos a problemas de disponibilidad por cuestiones climatológicas como el caso de la explotación de bancos de materiales, restricciones en el uso y explotación de recursos forestales, obtención de certificaciones, etc.

Algunos proyectos de restauración consisten en la sustitución y/o refuerzo de sistemas de entepiso, restitución de columnas de cantera y otras adecuaciones estructurales que evidentemente deben ser realizados en forma secuencial y no simultánea, implicando riesgos para la terminación del proyecto.

Otros riesgos podrían consistir en los daños que se pudieran producir en elementos artísticos como por ejemplo, pinturas murales, ornamentaciones o pisos originales, lo que conducirá a contratar seguros de daños aún cuando el cliente no los solicite. Además, resarcir el daño a las obras de arte (si esto fuera posible) generará costos importantes para la empresa constructora.

En la ciudad de México, una gran cantidad de inmuebles localizados en el primer cuadro requieren la intervención del Instituto Nacional de Antropología e Historia. En estos proyectos se tiene la exigencia de no realizar excavaciones a más de 35 cm de profundidad respecto al nivel actual del suelo, en cuyo caso, se deberá dar aviso a esa Institución. Encontrar restos arqueológicos, aún aquellos que no sean de gran valor histórico o arqueológico representarán a su vez riesgos en el cumplimiento del tiempo del proyecto, pues los trabajos serían detenidos hasta realizarse las debidas investigaciones a las que se sujetará el sitio de construcción.

Los cambios de proyecto también representan riesgos en los costos y programa pues la tardanza en las soluciones (formulación de boletines y controles de cambios), la conciliación de los precios unitarios extraordinarios y la autorización de los cambios retrasan el programa de ejecución, ponen en riesgo la conciliación de costos remunerativos (que generen utilidad y no pérdida a la empresa constructora) y finalmente, alteran significativamente el flujo de efectivo entre las erogaciones para la producción de la obra y los ingresos por estimaciones, impactando fuertemente el costo financiero a la empresa constructora y que no puede ser transferible al cliente.

Los riesgos más evidentes en relación al presupuesto son precisamente los posibles incrementos por inflación del costo de los recursos (materiales, mano de obra, herramientas y equipos), cambios en la paridad cambiaria de las monedas extranjeras en la que se cotizan algunos materiales, errores en la valoración de los consumos de materiales y rendimientos de la mano de obra (sobre todo en el caso de actividades cuyo procedimiento constructivo se desconoce con precisión, dado el nivel de especialización y experiencia requeridos en los proyectos de restauración) y altas tasas de interés para el financiamiento del proyecto en ambientes macroeconómicos inestables.

Por su parte, los riesgos más evidentes para el cumplimiento del cronograma tienen que ver con la capacidad de inversión de la empresa constructora y el flujo de efectivo (ingresos menos egresos), la utilización de procedimientos constructivos inadecuados y los re-trabajos que generalmente tienen su origen en los anteriores.

La presupuestación y programación de los proyectos de restauración generalmente se realiza bajo el enfoque de “condiciones normales” con una fuerte tendencia a condiciones óptimas, por lo cual, los riesgos que pudieran presentarse con un impacto positivo en el tiempo y costo, desde nuestra experiencia profesional, tienen una baja probabilidad de presentarse. Pues los costos de materiales prácticamente no disminuyen, los flujos de efectivo no mejoran, los procedimientos constructivos no siempre se pueden optimizar y aún cuando las condiciones macroeconómicas pudieran tener mejoras, dado el corto plazo de ejecución de este tipo de proyectos, no tienen impactos positivos de corto plazo.

El tema de los riesgos en los proyectos de restauración es inagotable ya que depende de factores inherentes a cada proyecto en lo particular. Sin embargo, aquí se han presentado algunos de los riesgos más frecuentes a los que nos hemos enfrentado en la práctica profesional.

Paso 9. Integración del Plan para la Dirección del Proyecto y desarrollo del trabajo autorizado.

En este paso Humphreys propone la integración de las líneas base de alcances, cronograma y presupuesto, así como el inicio de la ejecución del proyecto.

Para la ejecución del proyecto, se debe tener especial cuidado en la administración de los subcontratistas integrando los presupuestos y programas de trabajo de cada uno de ellos a la línea base general de todo el proyecto.

En este paso, el punto central es poner en práctica durante la ejecución los planes realizados en los pasos 1 a 8. No existe una regla general en los proyectos de restauración puesto que cada uno de ellos es único, pero desde un punto de vista administrativo cabe señalar que aquí se deberá hacer uso de los llamados “activos de los procesos de la organización” para la procura y suministro de insumos, la producción conforme al proceso constructivo planeado, el monitoreo de las actividades asignadas a los destajistas y subcontratistas, la verificación de la calidad y cumplimiento de los alcances, así como el reporte de las actividades realizadas.

Para llevar a cabo estas actividades administrativas cada PyMe debe contar con sus propios formatos de formulación y procedimientos de autorización, así como de registro de datos que posteriormente servirán para el control. Una máxima muy simple y ampliamente conocida en la jerga del Control de la Calidad dice que “lo que no se mide no es controlable, lo que no es controlable no es sujeto de mejora”. La aplicación de éste principio podría dar excelentes resultados en las PyMe’s, pues una de las deficiencias más importantes en este tipo de empresas es carecer de registros sistematizados de la información.

Bajo esta sencilla fórmula cada PyMe podría establecer un sistema interno de registro, procurando minimizar la burocracia (entendida desde un punto de vista meramente organizacional), que podría incluir las siguientes consideraciones:

- **La codificación de los insumos** requeridos en el proyecto, congruentes con la codificación utilizada en la explosión de insumos del presupuesto original. Esta codificación se deberá emplear en la formulación de órdenes de compra y en los **reportes de adquisiciones y de almacén** en determinadas fechas de corte.
Lo anterior permitirá hacer comparaciones entre las cantidades e importes de las compras con respecto a la explosión de insumos de los conceptos autorizados en estimaciones de cobro al cliente.
- **La codificación de conceptos de trabajo asignados a destajistas y subcontratistas conforme al catálogo original.** Identificar los trabajos presupuestados por los destajistas y subcontratistas con la misma codificación del catálogo de concurso y utilizarlos en la formulación de estimaciones de pago.
Emplear la misma codificación en los conceptos de cobro y de pago permitirá realizar compulsas entre las actividades pagadas a los destajistas y subcontratistas con respecto a las actividades estimadas (cobradas), identificando posibles actividades pagadas pero que pudieran encontrarse en proceso de cobro (obra ejecutada no estimada) o que se debieran deducir por encontrarse pagadas en exceso o aquellas pagadas por separado y que son improcedentes por estar incluidas en el alcance original del presupuesto autorizado a los destajistas y subcontratistas.

- Contar con **estados de cuenta por cada destajista y subcontratista** con información relativa a los presupuestos aprobados, los anticipos y pagos a cuenta, las estimaciones pagadas, amortizaciones al anticipo aplicadas en las estimaciones, pagos efectivamente realizados y el saldo por ejercer de los presupuestos.
Esto permitirá contar con información para evitar el pago en exceso, hacer las amortizaciones de los pagos a cuenta y realizar el finiquito de los subcontratistas y destajistas al final de la obra.
- Elaborar el **presupuesto proforma** por cada concepto de trabajo identificando los costos tope disponibles para pago a destajistas y subcontratistas, ya sea con suministro de materiales o sin suministro, con prestaciones sociales o sin prestaciones y el monitoreo de los costos autorizados.
Evidentemente los costos para pago deben ser iguales o menores a los costos tope.
- Elaborar **sábanas de estimaciones** y realizar el **monitoreo del techo financiero**. En la primera, concentrando las actividades estimadas (cobradas) al cliente, servirán para compararlas con los pagos realizados a destajistas y subcontratistas. El segundo, el techo financiero, permitirá monitorear las posibles variaciones en cantidades y conceptos extraordinarios, normales, excedentes y cancelados que reflejarán aumentos y/o disminuciones en el presupuesto a la terminación (BAC) o techo financiero.

Estos sencillos registros de información son suficientes para contar con datos para el cálculo de las métricas del EVM en una pequeña y mediana empresa constructora.

En la práctica profesional, los obstáculos que hemos encontrado y deben ser superados, consisten en la disciplina que se debe observar en la codificación de los insumos, realizar reportes de compras y almacén oportunamente, traducir las actividades presupuestadas por los destajistas y subcontratistas en los conceptos de trabajo de cobro al cliente, la conciliación entre los pagos efectivamente realizados por las áreas contables con respecto a los pagos solicitados por el personal de obra y, en general, dedicar el tiempo pertinente para la realización de éstas actividades de control, pues generalmente se da prioridad a formular requisiciones, realizar compras, a ejecutar y supervisar obra, realizar generadores y estimaciones de cobro dejando en un segundo término el registro ordenado de esta información.

Paso 10. Establecer el Plan Base o el Valor Planeado (PV) y medición de los avances (EV).

Este paso, dice Humphreys, marca un parte aguas entre la planeación y el control del proyecto. Los criterios para la construcción de la línea base a partir del Plan y los criterios de medición del desempeño deben ser consistentes. Ver los criterios de medición de avances descritos en la sección relativa a *El Método del Valor Ganado* y el paso 7.4 de éste trabajo. Los datos generados en el paso 9 se organizan en este paso 10.

El avance real se debe comparar con el valor planeado detectando variaciones con respecto al cronograma.

Paso 11. Recolección de la información relativa a los costos reales (AC).

Humphreys dice que todos los proyectos deberán tener un sistema de registro de los costos actuales. No importa que tan sofisticado sea este sistema, se debe considerar para el seguimiento y control de un proyecto. El reto en éste aspecto es definir una estructura contable que pueda ser usada para medir consistentemente los costos y compararlos contra los valores planeados. A menudo esto implica modificar los sistemas contables actuales.

En este sentido, hemos descrito con amplitud las consideraciones y recomendaciones sugeridas para los proyectos de restauración en el paso 9.

Los costos actuales son comparados con el valor ganado detectando variaciones con respecto al costo que ha implicado alcanzar el avance de la obra reportado.

Paso 12. Cálculo de las medidas de desempeño.

Humphreys dice que hasta este paso ya se cuenta con las tres variables básicas para el cálculo de las métricas propuestas por el EVM. Estas métricas han sido descritas con amplitud en la sección relativa a *El Método del Valor Ganado, Métricas de Desempeño Global de un Proyecto y El Cronograma Ganado*. El resultado será la obtención de las variaciones e índices de desempeño del cronograma y costo.

Paso 13. Cálculo de costos estimados a la terminación y pronósticos del tiempo a la terminación.

Los estimados de costos a la terminación y las proyecciones del tiempo son muy importantes dice Humphreys. De hecho, en muchos proyectos esta información puede servir para recompensar el desempeño del equipo del proyecto, e inclusive, tiene connotaciones políticas ya que puede conducir a su cancelación.

Las medidas de desempeño señaladas en el paso 12, corresponden propiamente a la obtención de indicadores desde el inicio de la ejecución del proyecto hasta la fecha de corte o estatus actual, mientras el paso 13 se refiere específicamente al cálculo y análisis de las proyecciones desde la fecha actual hasta la terminación del proyecto, basadas en el desempeño actual.

Los pronósticos o proyecciones de tiempo y costo definitivamente son muy relevantes en los proyectos de construcción y con mayor frecuencia de la que imaginamos éstas métricas se desconocen o no se aplican. Usualmente nos quedamos en reportar el desempeño a la fecha mientras que una de las mayores ventajas que ofrece el EVM es precisamente contar con medidas de pronóstico. Estas medidas de pronóstico deben tomarse con reservas, sin embargo, proporcionan una base para emprender acciones preventivas y/o correctivas.

Ya sea por compromisos de entrega en fechas determinadas o para la planeación de los ejercicios presupuestales en los años siguientes, las medidas de pronóstico son de mucho interés. Diversas investigaciones se han descrito en la sección relativa a *Generalidades del Pronóstico en Tiempo y Costo* en este trabajo y existen alternativas de cálculo de lo más complejas, sin embargo, en cualquiera de los casos los indicadores de pronóstico pretenden responder a los cuestionamientos básicos de cualquier proyecto de construcción: ¿cuál será la posible fecha de terminación? y ¿cuánto costará el proyecto?

Paso 14. Análisis de Variaciones e Implementación de medidas preventivas y/o correctivas.

En este paso Humphreys propone integrar la información obtenida en los pasos 12 y 13 haciendo un análisis en conjunto de las variaciones y los pronósticos para pasar a identificar el origen de los problemas que nos pudieran estar alertando las métricas del EVM y, finalmente, proponer medidas preventivas y/o correctivas. El paso 14, dice Humphreys, permitiría proveer una retroalimentación inmediata en cuanto a la efectividad de las medidas correctivas emprendidas, pues hasta este momento del proceso se ha invertido mucho esfuerzo para la utilización del EVM y debe hacerse uso de la información generada en beneficio del proyecto.

Con respecto a la forma de proceder con la información generada por el EVM, en apartados anteriores de este trabajo enunciados como *El Seguimiento y Control de Proyectos mediante el EVM y el estándar PMBOK*, así como el de *El Seguimiento y Control de Proyectos mediante el EVM y la Extensión para Proyectos de Construcción*, se han descrito diversos **procesos** en función de las diferentes **áreas de conocimiento** donde se pueden obtener ideas para **localizar de una forma estructurada las causas del desempeño**.

Contar con las métricas del EVM no es suficiente, sino que se hace necesario que los administradores de proyectos posean la experiencia necesaria para la interpretación de dichas métricas, la identificación de los problemas y proponer soluciones a dichos problemas.

Autores como Anbari (2003) señalan que las **desviaciones importantes** al proyecto llamarán la atención de los administradores de proyectos, mientras las desviaciones menores no, lo que conducirá a **enfocar los esfuerzos** en las áreas del proyecto que requieren más atención. Anbari comenta que el EVM apoya la administración efectiva de los proyectos de una manera colectiva al tomar en consideración las valoraciones subjetivas de los responsables de cada frente de trabajo.

Por lo anterior, Anbari reafirma la idea de que **los valores obtenidos mediante el EVM se comparen y cuestionen contra el conocimiento y la experiencia de los administradores de proyectos** y/o de los responsables de cada área o especialidad del proyecto. Ambos indicadores, los determinados mediante las ecuaciones propuestas en el EVM como los subjetivos derivados de la experiencia, deberán incluirse en los reportes del desempeño. Estos esfuerzos conducirán al compromiso de los responsables de cada área a tomar acciones oportunas **a partir del conocimiento detallado de sus propios frentes de trabajo** que podrían no ser evidentes en los valores reportados matemáticamente por el EVM.

Adicionalmente, Vandevoorde y Vanhoucke (2005), señalan que si se analizan adecuadamente estos indicadores, se detectará la necesidad de **descender a un mayor nivel de detalle** en la (WBS/EDT). En conjunto con el cronograma del proyecto, las métricas del EVM nos dirigirán a llevar a cabo **medidas correctivas en las actividades** que se encuentren en problemas, especialmente aquellas **en la ruta crítica**.

Pasos 15 y 16. Actualización de la Línea Base, control de cambios y la Implementación del Proceso de Administración de Proyectos.

El seguimiento a los cambios es una parte medular ya que los cambios son inherentes a los proyectos. Los cambios deben ser revisados, aprobados e incorporados al Plan. Se requiere establecer procedimientos de control de cambios ya que en caso contrario, los informes del proyecto se alejarán cada vez más del alcance, programa, costo y, por lo tanto, del estatus real del proyecto. Una regla, dice Humphreys, es dedicar tanto tiempo al control de cambios como el que se requirió para la planeación inicial.

El tema de la implementación del proceso de administración de proyectos es abordado por Humphreys desde el punto de vista de los recursos para el manejo automático de la información. Hemos omitido a propósito este aspecto en el modelo que hemos desarrollado a lo largo de ésta sección ya que forma parte propiamente de las herramientas y técnicas que deben tomarse en cuenta en la Planeación como parte de los activos de los procesos de la organización.

Aspectos organizacionales

Señalamos en secciones anteriores que para la ejecución de los proyectos las PyMe's tienden a organizarse precisamente por proyectos, con un equipo de profesionistas en una "oficina central" que brinda apoyo a la(s) "oficinas de campo" encargadas de cada proyecto en lo particular. Es decir, las PyMe's constructoras cuentan con un pequeño equipo de soporte en aspectos técnicos y administrativos en una oficina central y el personal de campo se organiza, aumenta de tamaño o contrae dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto que se encuentre ejecutando.

A continuación presentamos una "lista de chequeo" de los pasos propuestos por Humphreys, señalando en cada proceso la participación de las áreas funcionales que podemos encontrar típicamente en una PyMe constructora.

Los residentes de obra (o superintendentes) son personal de campo. El personal de *costos y control de proyectos* puede ser también parte del personal de campo o de la oficina central dependiendo de los requerimientos del proyecto.

En el cuadro se describen las funciones de la *Dirección o Gerencia* entre las que se consideran principalmente las de arranque del proyecto y los procesos de autorización y decisión. El área de *administración o contabilidad* básicamente tiene relación con las compras y el registro de los costos de proveedores, mientras que el área de *costos y control de proyectos* recabará información de los costos relativos a subcontratistas y destajistas, provenientes a su vez de las estimaciones formuladas por la residencia de obra.

Se propone que el área de *costos y control del proyecto* sea responsable de los costos y la programación tanto en la fase de planeación como durante la ejecución. Es deseable que la *residencia de obra* tenga una participación muy activa, sobre todo en la programación, pues es más efectivo que ese personal planee su propio trabajo y no se perciba como una imposición del personal de la oficina central.

Las actividades de control donde se indica la participación de dos o más áreas funcionales, evidentemente implicarán reuniones de coordinación entre los involucrados.

Figura: Lista de chequeo de los procesos para la implementación del EVM como un sistema de Administración de Proyectos en una PyMe especializada en restauración de inmuebles. (Fuente: elaboración propia)

| Área organizacional | Dirección / Gerencia | Costos / control de proyectos | Residencia de obra | Administración / Contabilidad |
|--|----------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Actividad de Control | | | | |
| 1. Definición de los objetivos del proyecto | | | | |
| Requerimientos técnicos-costos-tiempo | | | | |
| Modelo de contratación | | | | |
| Análisis de las bases de licitación | | | | |
| Normatividad aplicable al proyecto | | | | |
| 2. Definición de alcances. Valoración de riesgos | | | | |
| Revisión del Proyecto Ejecutivo | | | | |
| Valoración inicial de los riesgos | | | | |
| Formulación de la WBS/EDT | | | | |
| Propuestas de mejora al diseño | | | | |
| Complementar los alcances | | | | |
| 3. Asignación de responsables. | | | | |
| Integración de equipos de trabajo. | | | | |
| Asignación responsables a c/punto de control | | | | |
| Selección de contratistas y forma de contratación | | | | |
| 4. Planeación para la construcción. | | | | |
| Análisis de las condiciones ambientales del sitio | | | | |
| Interferencias con otras empresas | | | | |
| Planeación de instalaciones provisionales | | | | |
| Formulación del procedimiento constructivo | | | | |
| Logística para suministros y almacenamiento | | | | |
| 5. Programación. | | | | |
| Asignación recursos, duraciones, secuencias. | | | | |
| Formulación del modelo. | | | | |
| Formulación de la línea base del tiempo. | | | | |
| Factibilidad del plazo de ejecución. | | | | |
| Interdependencias entre programa y presupuesto. | | | | |
| 6. Presupuesto. | | | | |
| Análisis de costos. | | | | |
| Cotización de insumos. | | | | |
| Análisis de costos indirectos de oficina central. | | | | |
| Integración del presupuesto. | | | | |
| Formulación de la línea base de costos. | | | | |
| Factibilidad del presupuesto. | | | | |
| 8. Valoración de los riesgos del programa y presupuesto. | | | | |
| Valoración de los riesgos. | | | | |
| 7. Definición del EVM y de sus métricas. | | | | |
| Directrices | | | | |
| ¿Cómo se medirán los avances? | | | | |
| ¿Cómo se registrarán los costos? | | | | |
| 7.1 y 7.2 Definición de las métricas y unidades de medición. | | | | |
| 7.3 Definición de los puntos de control. | | | | |
| 7.3 Hacer congruente el catálogo de conceptos con la WBS. | | | | |
| 7.4 Definición de las técnicas de medición de los avances. | | | | |
| 7.5 Definir la forma de obtener los costos reales. | | | | |
| 7.6 Establecer límites o umbrales de las variaciones. | | | | |
| 7.7 Definir la forma en la que serán autorizados los cambios. | | | | |
| 9. Ejecución del proyecto. | | | | |
| Codificación de insumos. | | | | |
| Codificación de conceptos. | | | | |
| Estimaciones y estados de cuenta. | | | | |
| Proveedores. | | | | |
| Subcontratistas y destajistas. | | | | |
| Presupuesto proforma (costos tope) | | | | |
| Estimaciones de cobro al cliente y estados de cuenta. | | | | |
| Sábanas de estimaciones. | | | | |
| Monitoreo del techo financiero o BAC. | | | | |
| 10 y 11. Seguimiento del costo y tiempo. | | | | |
| Establecer la línea base de desempeño. | | | | |
| Medición de los avances. | | | | |
| Recolección de la información de costos reales. | | | | |
| 12. Cálculo de las medidas de desempeño (variaciones) | | | | |
| 13. Cálculo de la proyecciones de costo y tiempo. | | | | |
| 14. Análisis de las métricas del EVM y toma de decisiones. | | | | |
| 15. Actualización de la línea base y control de cambios. | | | | |

Capítulo 3.

Caso práctico.

La inquietud personal de quien escribe este documento consistió en la búsqueda de una forma estructurada para plantear los problemas relativos al seguimiento y control de los proyectos de restauración, a partir de la perspectiva del estándar PMBOK y el EVM. Sin embargo, gran parte del análisis y las recomendaciones emitidas provienen de la participación del dueño de la empresa ejecutora, del Gerente de Construcción de dicha empresa, de la superintendencia de obra y su equipo de trabajo, pero de una manera especial de los conocimientos y experiencia del Director General de la empresa para la cual trabajo.

El caso de estudio para esta tesina surgió a partir de la solicitud del Director General de la empresa ejecutora del proyecto como resultado de problemas relacionados con inversión, capacidad para otorgar garantías, flujo de efectivo del proyecto, costos y tiempo de ejecución. Este hecho nos brindó la oportunidad de analizar la problemática, sugerir alternativas de solución y documentar el caso. Nuestra intervención fue a nivel de consultoría externa por lo que la decisión de poner en práctica las sugerencias planteadas quedó en manos de la Dirección de la empresa, del Gerente de Construcción y el Superintendente de la obra.

A finales del mes de mayo del año 2015 inició nuestra participación en esa consultoría ante un panorama caótico del proyecto que gradualmente se fue aclarando en la medida en que conocimos a la empresa, sus procesos técnico administrativos y el proyecto en sí mismo según se describe a continuación.

Dicho lo anterior, en esta sección nos ocuparemos de un caso de aplicación del EVM. La forma de obtener los datos se realizó en función de los activos de los procesos de la organización y de los factores ambientales particulares del proyecto.

3.1. Descripción de la empresa y sus procesos técnico-administrativos.

La implementación del EVM se apoya fuertemente en los *activos de los procesos de la organización*, y su efectividad reside en la medida en que la PyMe cuenta con procesos bien definidos de control y seguimiento. Estos procesos proporcionan datos de entrada para el cálculo de las métricas del EVM, particularmente en lo que concierne a los costos, pues como hemos comentado es un punto débil que prevalece en las PyMe's.

La empresa objeto de estudio es una pequeña empresa que tiene su fundación en el año de 1979 y se ha distinguido por su intervención en la fase de diseño de diversos proyectos de restauración. Su fundador y Director General cuenta con gran reconocimiento en restauración en la práctica profesional así como en el ámbito académico y participa en varios comités que dependen de entidades públicas dedicadas a la preservación del patrimonio cultural de México.

El equipo de trabajo de la empresa está integrado primordialmente por profesionistas con gran especialización técnica en la fase de diseño de este tipo de proyectos. Identificamos que la empresa posee fortalezas para el diseño, coordinación y supervisión, sin embargo, en algún momento reciente (probablemente menos de diez años) decide participar también en la ejecución (construcción) de este tipo de proyectos.

La oficina central de la empresa cuenta con un número muy reducido de personas, posiblemente cuatro o cinco, enfocadas a la administración general, por lo que sus actividades técnicas se desarrollan a través de oficinas alternas, algunas de ellas son temporales, ubicadas en la cercanía de los sitios donde se llevan a cabo sus proyectos, principalmente en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Esto significa que su organización es por proyectos.

El nivel de especialización académica de los líderes de cada proyecto es alto comparativamente con otras empresas similares. Cada líder cuenta con un equipo que incluye proyectistas, dibujantes, residentes de obra, profesionistas de costos, cuantificadores de obra y administradores. Los proyectos en los que la empresa ha participado se han desarrollado de una forma muy independiente unos de otros, lo que ha impedido la retroalimentación de experiencias, incluso se percibe alguna forma de rivalidad entre los líderes de cada proyecto.

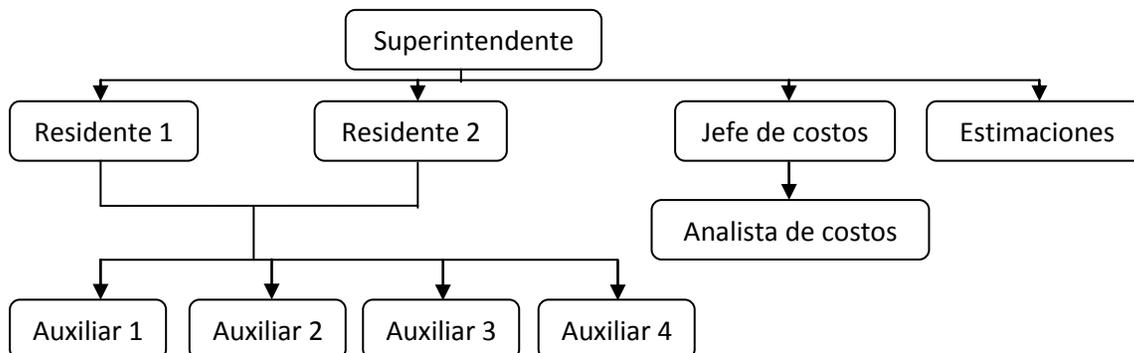
El Director General de la empresa basa su *estilo de liderazgo en el interés por la gente*, lo que se traduce en que brinda toda su confianza al líder de cada proyecto, con la buena voluntad de obtener resultados positivos en los proyectos que se llevan a cabo, sin haber implementado alguna forma de control.

El líder del proyecto que participa en este caso de estudio ejerce un *estilo de liderazgo diplomático*, ya que evita el conflicto abierto. Este hecho le ha llevado a aceptar condiciones impuestas por otros involucrados tales como la supervisión interna y la supervisión externa deteriorando financieramente a la empresa constructora. Al parecer, parte del problema también consiste en que el líder de este proyecto y una parte de su equipo no se dedica tiempo completo, pues simultáneamente atiende otros proyectos. Inclusive, el líder de este proyecto es al mismo tiempo subcontratista de una parte de la obra, lo que genera alguna forma de conflicto de intereses.

Los procesos administrativos que lleva a cabo la empresa y que se encuentran claramente definidos son los típicos de cualquier PyMe: ejecutar las actividades del proyecto, cuantificar la obra ejecutada, formular estimaciones de cobro, formular y conciliar conceptos extraordinarios, hacer requisiciones para el suministro de materiales, solicitar a la oficina central pagos a favor de los subcontratistas y mantener comunicaciones con el cliente y las supervisiones interna y externa.

Una parte de la problemática de la empresa consiste en la dificultad para realizar estas actividades de una forma coordinada y la carencia de procesos administrativos encaminados a conocer el estatus del proyecto, formular y emprender acciones preventivas y/o correctivas y evaluar la efectividad de tales acciones.

La organización típica del equipo de trabajo que forma parte de esta empresa se muestra en el siguiente organigrama:



Este organigrama considera un superintendente y dos residentes responsables de la ejecución de dos frentes de trabajo simultáneos y de la verificación del cumplimiento de los alcances. Los residentes de obra se encargan de la formulación de las estimaciones de pago a los subcontratistas, e informan semanalmente al superintendente el importe de dichas estimaciones, aunque no se lleva un registro detallado de los conceptos de pago. Tampoco existe un estado de cuenta por subcontratista. Los residentes se coordinan con los auxiliares para la cuantificación de la obra ejecutada con fines de cobro.

Los auxiliares (cuantificadores) no dependen específicamente de algún residente, inclusive más bien están bajo la responsabilidad del encargado de estimaciones.

El profesional encargado de las estimaciones coordina y recibe de los auxiliares las cantidades de obra ejecutada, las captura en una estimación y la presenta a la supervisión externa para su revisión, conciliación y, en su caso, autorización. Al final del proceso se registran en el portal web del cliente y se emiten las facturas para el trámite de cobro. El encargado de las estimaciones ocasionalmente presenta informes al Director General de la empresa con respecto al importe de la obra ejecutada y autorizada en estimaciones, así como de las fechas estimadas de cobro. El encargado de estimaciones funge como un enlace administrativo entre la oficina de campo y la oficina central, pues inclusive a través de él se envían las solicitudes de pago a proveedores y subcontratistas y las comprobaciones fiscales correspondientes.

El jefe de costos trabaja tiempo parcial en el proyecto y se apoya en un analista que recibe de los residentes de obra el listado de conceptos extraordinarios que se van generando para su análisis y conciliación con la supervisión externa. El analista de costos proporciona apoyo a los residentes de obra para la formulación de costos unitarios para el pago de los trabajos ejecutados por los subcontratistas.

No existe un mecanismo claramente definido para la autorización de los costos unitarios ni de las cantidades y conceptos de pago a los subcontratistas.

No hay seguimiento del cronograma de trabajo por parte de la empresa ejecutora. En este sentido, la supervisión externa es quien ha dado un seguimiento puntual a los avances. Aunque si bien a través de las juntas semanales la supervisión externa y la empresa establecen compromisos para la entrega parcial de diversas zonas y frentes de trabajo, la empresa ejecutora no ha

planteado programas de obra detallados para el cumplimiento de tales compromisos. La empresa organiza de una forma emergente o reactiva los suministros y gestiona compromisos de entrega con los subcontratistas, pero se encuentran limitados por la escasa revolvencia en el cobro de la obra ejecutada lo que dificulta la inversión en la obra.

Formalmente no hay un responsable para la valoración de los riesgos ni de los aspectos legales y fiscales estipulados en el contrato.

En relación a la ejecución del proyecto, la empresa sigue un enfoque basado en minimizar las compras desde la oficina central, organizando la ejecución por medio de diez subcontratistas quienes se responsabilizan de suministrar los insumos (materiales y mano de obra) con excepción de cinco proveedores de materiales.

En resumen, la empresa cuenta con la fortaleza de conocer perfectamente los procesos técnicos de restauración para la ejecución de los trabajos, lo que ha derivado en una calidad de ejecución sobresaliente, pero tiene debilidades en sus procesos administrativos.

3.2. Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en la restauración de un inmueble destinado a uso comercial y oficinas ubicado en el Centro Histórico de la Ciudad de México. El propietario es una empresa privada por lo que la administración del contrato también es de carácter privado.

La adjudicación del contrato se realizó mediante una licitación resultando favorecida la empresa objeto de este caso de estudio. El proyecto corresponde a la “Fase II” de restauración de interiores del inmueble (la Fase I fue ejecutada por la misma empresa y consistió en la restauración de las fachadas). El arranque de la fase II contó con los permisos, licencias y el proyecto ejecutivo, por lo que este caso práctico consiste en el seguimiento y control de la ejecución (construcción).

La remodelación y adecuación de los interiores del inmueble incluye la participación de los siguientes involucrados:

- Departamento de compras del Dueño del Proyecto, quien organizó el proceso de licitación y formalizó la adjudicación del contrato y es quien finalmente reporta los avances y otras incidencias al Consejo de Administración.
- La supervisión interna, conformada básicamente por un residente con alto rango dentro de la organización dueña del proyecto y un auxiliar del residente.
- La supervisión externa, realizada por una empresa contratada por el dueño del proyecto, conformada por un equipo de alrededor de diez profesionistas.
- La empresa ejecutora del proyecto de restauración (nuestro caso de estudio), conformada por diez profesionistas.
- Dos empresas constructoras que trabajan simultáneamente en el inmueble ejecutando trabajos de estructura metálica, albañilerías, instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas y acabados.
- Dos entidades públicas, el Instituto Nacional de Antropología e Historia y la Delegación Política del Distrito Federal en cuya demarcación se encuentra el inmueble. La primera, es una entidad federal encargada de la vigilancia de los procedimientos de restauración y, la segunda, encargada del cumplimiento de la normativa estatal de construcción.

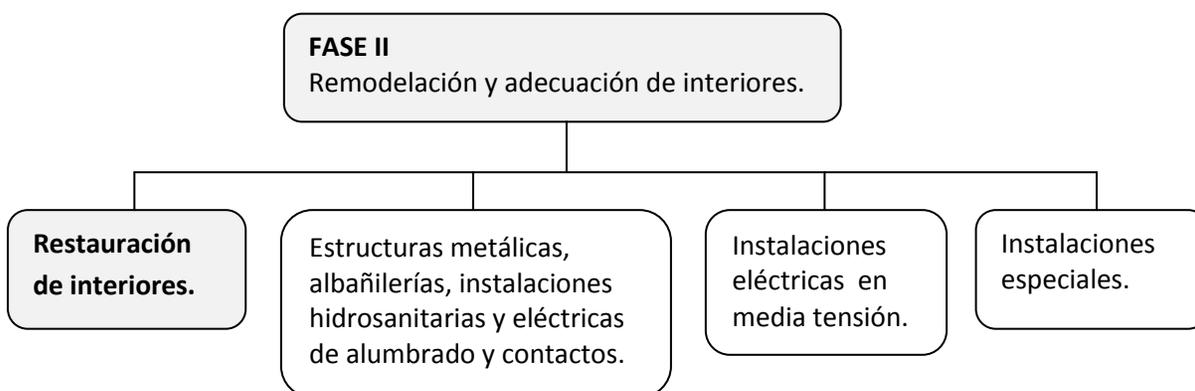
- El área operativa comercial por parte del dueño del proyecto con quien se realiza la coordinación para la liberación parcial de las áreas del inmueble, pues parte de éste se encuentra en operación. El área operativa es el usuario final y en coordinación con el área de compras del propietario establece los requisitos que debe cumplir el inmueble para su uso.

En el proyecto se encuentran trabajando simultáneamente varias empresas, lo que genera riesgos de interferencias durante la ejecución. El inmueble se encuentra en operación, por lo que fue necesaria la reubicación y liberación gradual de diversas áreas del inmueble en función de los requerimientos del área operativa del dueño del proyecto para poder ser intervenidas.

El proyecto objeto de estudio comprende la fase de ejecución, aunque la empresa también participó en una parte del proyecto ejecutivo de restauración (diseño), lo que la hace parcialmente responsable de las modificaciones de los alcances a que haya lugar.

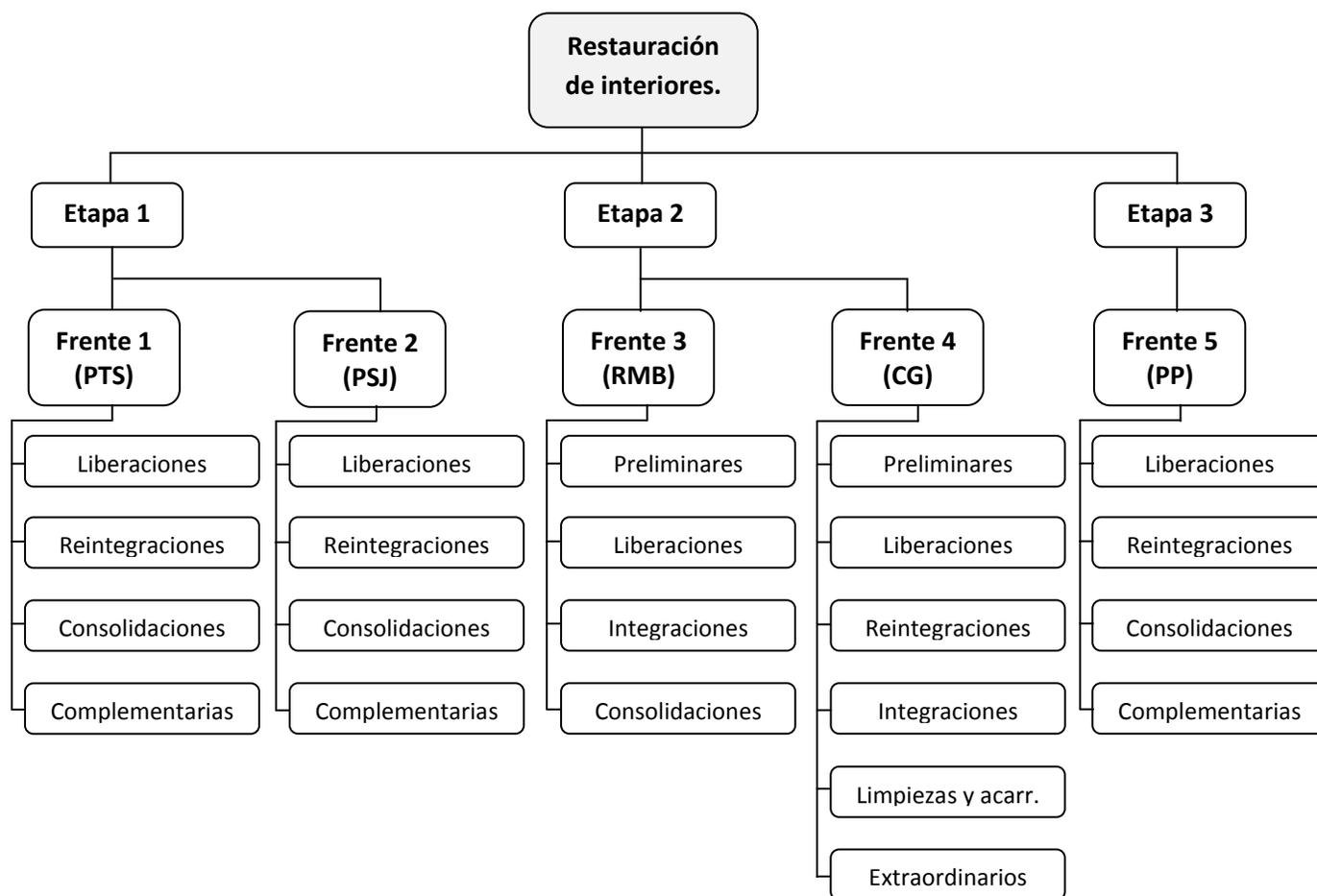
El proyecto ejecutivo de interiores (Fase II) no está totalmente terminado, estando pendiente la contratación de algunas ingenierías de instalaciones especiales.

La estructura de división del trabajo (WBS/EDT) para la Fase II correspondiente a la remodelación y adecuación de los interiores del inmueble se muestra a continuación.



Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en las reuniones de trabajo con la empresa constructora y la supervisión externa.

A su vez, la estructura de división del trabajo (WBS/EDT) para la restauración de interiores (nuestro caso) se desglosa de la siguiente manera:



Fuente: elaboración propia a partir de los alcances señalados en el contrato.

Las tres etapas indicadas en el WBS anterior conforman el contrato original. Inicialmente estaban contratados los Frentes PTS, PSJ, RMB y PP. El frente CG forma parte de una adenda al contrato original. Después de los frentes se ubican las partidas y estas a su vez se desagregan en aproximadamente 400 conceptos de trabajo presupuestados bajo la forma de precios unitarios.

El presupuesto finalmente contratado para la restauración disminuyó aproximadamente 25% respecto del presupuesto planteado en la planeación realizada por el dueño del proyecto. El presupuesto contratado fue el resultado de cuatro ajustes sucesivos al presupuesto inicial. Los ajustes consistieron en la reducción de los alcances del proyecto (cancelación de actividades y reducción de cantidades), se hicieron ajustes a los costos directos unitarios (reducción de los importes de mano de obra y ajustes en los costos de algunos materiales), y reduciendo el factor de sobrecostos (indirectos + financiamiento + utilidad) desde el 27.5% propuesto inicialmente hasta el 23.08% contratado.

El plazo de ejecución propuesto inicialmente fue de 12 meses y finalmente se contrató en 22 meses. La reducción negociada en el factor de costos indirectos no es compatible con el aumento en el periodo de ejecución, pues si el importe de obra a ejecutar no varía, en la medida en que aumenta el plazo, también se incrementa el porcentaje de los costos indirectos. El plazo de ejecución contratado a 22 meses obedeció a los requerimientos del dueño del proyecto para la liberación gradual de las áreas del inmueble, sin embargo, la supervisión interna carece de un plan maestro bien definido, lo que implica la posibilidad de que el plazo real de ejecución se incremente aún más.

Descripción de los alcances de la fase II – Restauración de interiores.

La restauración del inmueble incluye las siguientes especialidades:

- **Canteras** en cornisas, columnas circulares y pisos. Con sus conceptos asociados tales como limpiezas, liberaciones, restituciones, moldeos, injertos, eliminación de sales, consolidaciones, rejunteos y pátinas. Restauración de basas de columnas de cantera.
- **Maderas** en entresijos tales como viguería, gualdras, zapatas y tablados. Con sus conceptos asociados tales como liberaciones, restituciones, consolidaciones, tratamiento de conservación (aceite de linaza, retardantes al fuego y fungicidas), acabados y restitución de mechinales. Integración de cancelería en puertas y ventanas y pasamanos de madera.
- Consolidación de **mamposterías** en muros mediante inyecciones y rejunteo de grietas. Liberaciones y reintegraciones de muros.
- **Restauración de pintura mural.**
- **Acabados** en pisos de mármol, granito y recinto, así como reintegración de piezas de talavera decorada reproduciendo diseños similares a los existentes. Pintura a la cal sobre aplanados de muros.
- **Metales** en celosías y barandales reproduciendo el diseño similar al existente. Tratamiento de conservación y acabado.
- **Trabajos preliminares** como sistemas de apuntalamiento y colocación de andamios estructurales.
- **Trabajos complementarios** relativos a limpiezas y acarreo a tiro libre de los materiales producto de las liberaciones y sobrantes de las reintegraciones e integraciones.

El contrato.

El contrato es una parte importante del proyecto pues establece los compromisos entre las partes involucradas. La Contratante (dueño del proyecto) es una empresa grande que forma parte del sector de servicios financieros, y la contratista ejecutora es una pequeña empresa. Los términos del contrato no fueron sujetos a negociación y desafortunadamente algunas cláusulas son extremadamente ventajosas a favor del dueño del proyecto.

A continuación se enlistan algunos aspectos que consideramos de interés. En letra *cursiva* hacemos algunas observaciones o comentarios.

| Cláusula | Tema tratado |
|---|--|
| Primera. | |
| Objeto del contrato | |
| Las especificaciones | En caso de inconsistencias entre el proyecto ejecutivo y el “Manual de adaptación de sucursales” regirá el último. |
| Dudas en la formulación de la propuesta. | En caso de no haber manifestado dudas en la formulación de la propuesta, en caso de una inconsistencia, la contratante fijará la especificación sin derecho por parte del contratista a realizar cargos adicionales al presupuesto. |
| Segunda. | 27 – Oct – 2014 al 29 – Ago -2016. |
| Vigencia del contrato. | |
| Tercera. | Se autorizarán conceptos excedentes y extraordinarios cuando: |
| Condiciones especiales. | <ul style="list-style-type: none"> ○ Sean motivados por agentes externos al contratante y contratista, avances tecnológicos, incrementar la seguridad y eficacia. ○ Existan trabajos no incluidos en los alcances originales y siempre y cuando no sean para corregir errores u omisiones. ○ Se trate de trabajos donde no sea posible determinar los volúmenes, cantidades, costos, alcances. ○ Se trate de trabajos desarrollados en horarios nocturnos o dobles jornadas. |
| | Se indica el procedimiento de control de cambios y de autorización. |
| | Los trabajos extraordinarios no podrán tener un importe superior al 20% del valor del contrato. |
| Cuarta. | El cumplimiento de las normas de construcción y obligaciones obrero patronales. |
| Obligaciones y responsabilidades a cargo de la contratista. | Se solicitará la certificación del cumplimiento de estas obligaciones mediante un tercero. |
| | Contar con una bitácora de obra actualizada. (<i>medio formal de comunicación</i>) |
| | La supervisión externa validará el cumplimiento de los alcances y de todas las obligaciones y responsabilidades del contratista. |
| Octava. | Se podrán subcontratar partes del contrato bajo responsabilidad del contratista. |
| Subcontratación. | En caso de rebasar el 49% se deberá dar aviso por escrito al contratante. |
| Décima. | \$24'754,541.21 más el Impuesto al Valor Agregado. |
| Contraprestación. | Las partes convienen en que el contratante se reserva el derecho de modificar las obras encomendadas y/o adicionar y eliminar conceptos o partidas. |
| Décimo primera. | |
| Forma de pago. | Anticipo del 10% |
| | Estimaciones mensuales conforme al avance. |
| | Finiquito del 10% |
| | El contratista contará con un plazo de 15 días naturales a partir de la firma del acta de entrega – recepción para entregar toda la documentación requerida para el pago del finiquito, en caso de no hacerlo, libera al contratante de cualquier responsabilidad de pago. |
| | Para los trabajos extraordinarios subcontratados en su totalidad por el contratista, el tope máximo de indirectos y utilidad será del 8%. |
| | El contratante podrá realizar auditorías técnicas en cualquier momento. En el caso de encontrar diferencias mayores al 3% del monto total del contrato, la contratista se obliga a hacer la devolución más un 50%. |

| | |
|---|---|
| Décimo tercera. Penas convencionales. | En caso de demora en el cumplimiento de la entrega de los trabajos indicados en la cláusula segunda, la contratista cubrirá el 1% del monto total del contrato por cada día natural de retraso, siempre y cuando el atraso sea imputable a la contratista. <i>(es una penalización excesiva con respecto la práctica comercial en este tipo de proyectos)</i> |
| | En caso de incumplimiento del contrato, la contratista se obliga a su corrección en un plazo no mayor a tres días hábiles. <i>(no se especifica a qué tipo de incumplimiento se refiere)</i> |
| | Si el retraso es mayor o igual a 15 días calendario, se suspenderá el pago de estimaciones, la contratista se obliga a pagar al contratante la penalización a que haya lugar y se elaborará un cierre administrativo dentro de los siguientes 15 días naturales. |
| | El retraso o la falta de pago de anticipo o estimaciones no será motivo para modificar las fechas de inicio o término de la obra. |
| | Si el plazo de ejecución se extiende por causas imputables al contratista, este cubrirá los gastos y honorarios que se originen a favor de la supervisión externa hasta su terminación y entrega. |
| | En caso de que el monto de la factura fuera menor al importe de la pena convencional que resulte a cargo del contratista el saldo a favor del contratante se cubrirá en un plazo menor a 24 hrs. |
| Décimo quinta. | Las modificaciones al contrato se realizarán previo convenio de común acuerdo entre las partes. |
| Décimo sexta. | No habrá ajuste de precios durante la vigencia del contrato, aún tratándose de ajustes por inflación escalatoria. |
| Décimo octava. | |
| Garantías. | Fianza de anticipo por el 100% del importe incluido el I.V.A. |
| | Fianza de cumplimiento del contrato por el 20% del importe incluido el I.V.A. |
| | Fianza de vicios ocultos por el 20% del importe del contrato incluido el I.V.A. |
| | Las fianzas deberán ser tramitadas a través del agente de seguros y del contacto indicado por la contratante. |
| | El contratista se obliga a adherirse a la póliza global de obra civil y montaje <i>(seguro contra daños a terceros)</i> , por un importe equivalente al 100% del contrato incluyendo I.V.A. |
| Vigésima. | |
| Causales de rescisión. | Cuando el atraso sea mayor al 25% del avance programado. |
| | Si la contratista cede sus derechos y obligaciones y no observa lo dispuesto en la cláusula octava. <i>(subcontratos mayores al 49%)</i> |
| | Si la contratista no cumple con el plazo establecido, o con sus obligaciones adquiridas en este contrato. |
| | En caso de rescisión, bastará únicamente el aviso de la contratante. <i>(no hay derecho a réplica por parte del contratista)</i> |
| | Será causa de rescisión la falta de pago de dos estimaciones sucesivas por parte del contratante a la contratista. |
| Vigésimo quinta. | |
| Disposiciones generales. | El contratante podrá omitir en cualquier momento cualesquiera de las disposiciones del contrato, no constituyendo una renuncia. |

Cuadro resumen del proyecto caso de estudio.

El proyecto consiste en números y datos en lo siguiente:

| Descripción | Datos de Proyecto |
|--|--|
| Uso principal. | Comercio en P.B. y oficinas en niveles subsecuentes. |
| Ubicación. | Centro Histórico de la Ciudad de México. |
| Método de ejecución del proyecto. | Licitación – construcción. |
| Tipo de contrato. | A precios unitarios y tiempo determinado. |
| Duración de la construcción. | |
| Contrato original. | 27-oct-14 al 29-ago-16 (673 días naturales, 22.43 meses) |
| Frente 1 PTS | 27-oct-14 al 11-may-15 (197 d) |
| Frente 2 PSJ | 10-feb-15 al 21-ago-15 (193 d) |
| Frente 3 RMB | 9-may-15 al 13-ago-15 (97 d) |
| Frente 4 CG | 3-ago-15 al 30-dic-15, adenda, (133d) |
| Frente 5 PP | 24-ago-15 al 29-ago-16 (372 d) |
| Área de construcción | |
| Total.- | 4,195 m2 (en planta) 3,489 m2 (fachadas y muros interiores) |
| Frente 1 PTS | 519 m2 (en planta) 565 m2 (fachadas) |
| Frente 2 PSJ | 502 m2 (en planta) 1,362 m2 (fachadas) |
| Frente 3 RMB | 195 m2 (en planta) 354 m2 (fachadas) |
| Frente 4 CG | 120 m2 (fachadas) |
| Frente 5 PP | 2,979 m2 (en planta) 1,088 m2 (fachadas) |
| Número de niveles | Planta baja + 3 niveles. La intervención no es en todo el inmueble. |
| Estructura | Las fabricas son a base de muros de carga de mampostería (piedra braza) y columnas, dinteles y arcos de cantera. Entrepisos a base de vigería de madera, terrados y pisos de mortero cal – arena. |
| Presupuesto para la construcción. | |
| Total.- | \$25'563,752.05 (sin I.V.A.) |
| Contrato original. | \$24'754,541.21 |
| Frente 1 PTS | \$ 6'246,099.66 |
| Frente 2 PSJ | \$ 4'522,742.91 |
| Frente 3 RMB | \$ 1'136,281.96 |
| Frente 4 CG | \$ 809,210.84 (adenda al contrato original) |
| Frente 5 PP | \$12'849,416.68 |
| No. de paquetes de subcontratos | 10 subcontratistas |
| | 5 proveedores de materiales |
| Porcentaje de subcontratos | 81.5% |
| Miembros del equipo de trabajo en el sitio | 10 profesionistas por parte de la empresa ejecutora. |

3.3. Implementación del EVM al caso práctico.

La implementación del método EVM al caso práctico que se expone en este apartado involucra tanto a la empresa como al proyecto.

En relación a la empresa, en el apartado anterior describimos la problemática imperante en cuanto a los procesos técnico – administrativos por lo que sugerimos a la empresa ejecutora la implementación de procesos de seguimiento y control alineados con el modelo de Humphreys y que proporcionarían datos para el uso del EVM.

Los formatos sugeridos para el seguimiento y control fueron los siguientes:

1. Estatus global del proyecto (informe ejecutivo de una sola página).
2. Sábana de estimaciones.
3. Techo financiero o monitoreo del presupuesto a la terminación.
4. Anticipos a subcontratistas / destajistas.
5. Estimaciones de subcontratistas / destajistas. Concentrado de cantidades pagadas a subcontratistas / destajistas.
6. Estado de cuenta de subcontratistas / destajistas.
7. Requisiciones de insumos (materiales). Concentrado de compras/almacén.
8. Presupuesto proforma (costos tope) para pago a subcontratistas / destajistas.
9. Presupuesto de conceptos ejecutados por estimar.

Por parte de la empresa ejecutora, recibimos la siguiente información:

10. Contrato original y adenda.
11. Catálogo de conceptos, análisis de precios unitarios y resumen por partidas del contrato.
12. Programa de obra por partidas e importes por periodo (diagramas de Gantt) del contrato.
13. Estimaciones de cobro autorizadas por la supervisión externa (hasta la fecha de corte).
14. Presupuestos autorizados para pago a subcontratistas, de los conceptos del catálogo original, con los que se elaboraron los subcontratos.
15. Seguimiento semanal de pagos realizados a proveedores y subcontratistas.
16. Reporte de control de ingresos/egresos (flujo de efectivo y conceptos de egresos / inversión en el proyecto), con una periodicidad quincenal.

Con respecto a la implementación del EVM en la empresa, propiamente no formó parte del objetivo del caso práctico, sin embargo, realizamos diversas reuniones con el personal de campo y de oficina central de la empresa ejecutora, presentamos brevemente la metodología y expusimos los beneficios que se obtendrían. El objetivo con respecto a la empresa fue básicamente identificar los procesos de seguimiento y control existentes y la forma en la que estos procesos contribuyen a la obtención de los datos para la aplicación de las métricas del EVM al proyecto. Identificamos los siguientes factores que dificultan la implementación (Kim, 2005):

- Factores relacionados con la aceptación:
 - Falta de reconocimiento de la utilidad por parte del superintendente de la obra. Escaso poder de persuasión del Director General de la empresa para su uso por el equipo de trabajo en la obra.
 - Escasa cultura administrativa de la superintendencia de obra.
 - El incremento en la carga de trabajo del personal de campo, con respecto a la forma actual de trabajo.

- Factores relacionados con el uso del método:
 - Ausencia de un equipo integrado de trabajo, la comunicación entre la oficina central y de campo es prácticamente inexistente, por lo que el intercambio de información es muy reducido.
 - No se utilizan herramientas y técnicas complementarias de programación tales como la Ruta Crítica.
 - No se cuenta con procesos administrativos ni herramientas informáticas especializadas para el control y seguimiento de proyectos.

- Factores para un mejor desempeño del método:
 - Ausencia de un equipo integrado de trabajo, ausencia de un ambiente de trabajo colaborativo.
 - Ausencia de los procesos de control mínimos necesarios para la obtención de datos de entrada al EVM.
 - La implementación del sistema de seguimiento y control fue concebida como una herramienta para “auditar” el trabajo del personal de campo, por lo que el acceso a los datos fue limitado.

Como resultado de las barreras organizacionales descritas anteriormente hicimos sugerencias para que la empresa complementara sus procesos administrativos actuales. No todos fueron cumplimentados conforme al alcance solicitado y en el momento requerido, sin embargo, finalmente si fue posible la obtención de datos para aplicar las métricas del EVM al proyecto.

Los procesos de planeación señalados por Humphreys (pasos 1 a 6) de alguna manera fueron desarrollados por el equipo de trabajo de la empresa constructora previamente al inicio de nuestra intervención en el proyecto, pues prácticamente nos incorporamos en el paso 7 (Definición del EVM y de sus métricas) en adelante.

Así, a partir de la disponibilidad de la información, de los requerimientos de información acerca del estatus del proyecto por parte del Director General de la empresa ejecutora y de los procesos técnico – administrativos de la empresa, se emplearon los siguientes criterios de aplicación del EVM al proyecto.

Criterios de aplicación.

Las métricas aplicadas al proyecto están agrupadas en tres tipos: métricas de desempeño global del proyecto, métricas del método del Valor Ganado (EVM) y métricas del Cronograma Ganado (ES).

Las **unidades de medición** adoptadas fueron monetarias, ya que es una unidad que uniformiza las diferentes actividades del proyecto. En todos los importes se excluyeron los cargos por el impuesto al valor agregado.

En función de la disponibilidad de la información, se optó por acreditar los avances de obra a partir de las **cantidades** de cobro al cliente, **autorizadas en estimaciones** por la supervisión externa. Estos datos fueron proporcionados por el personal de la oficina de campo y su obtención fue relativamente fácil. Por otra parte, a través de la gerencia de construcción (oficina central), se

obtuvieron datos de los costos pagados a los subcontratistas y proveedores, así como de los costos indirectos, lo que permitió considerar los **importes a precio unitario**.

De esta forma, tanto el Valor Planeado (PV) como el Valor Ganado (EV) corresponden a importes a precio unitario. Los costos en los que se ha incurrido para la ejecución de los avances (AC) incluyen subcontratos, compras de materiales, pago de cuotas obrero patronales, costo del personal de oficina de campo y otros gastos indirectos de la oficina de campo. No se incluye como parte de los costos aquellos relativos al financiamiento ni los costos indirectos de la oficina central.

El **formato 12** nos permitió formular el **Valor Planeado (PV)**. Este conjunto de valores fue analizado al nivel total del proyecto y al nivel de frentes de trabajo: frente PSJ y frente PTS, los cuales se encontraban en proceso de ejecución. Los demás frentes todavía no iniciaban por lo que no fueron sujetos de seguimiento. El **formato 11** sirvió para formular la WBS.

Los **puntos de control** seleccionados fueron tres: al nivel total del proyecto, al nivel del frente PSJ y al nivel del frente PTS. La **periodicidad** sugerida es quincenal, ya que hay dificultades para ingresar estimaciones de cobro semanales y no se podría contar con datos relevantes en esta periodicidad.

El PV corresponde al **programa de ejecución** propuesto por la empresa ejecutora en la licitación y fue formulado al nivel de partidas y por medio de diagramas de Gantt. Desafortunadamente no se contó con una programación al nivel de conceptos o por medio del método de la Ruta Crítica, lo que nos hubiere permitido evaluar el impacto de los adelantos y retrasos en las actividades sobre la entrega de cada frente.

Detectamos inconsistencias en las fechas de inicio y terminación estipuladas en el contrato con respecto a las fechas utilizadas en el programa de obra de licitación. Debido a que las fechas contractuales rigen sobre el programa, procedimos a realizar la modificación correspondiente sin modificar el plazo de ejecución. Al parecer, la empresa ejecutora no se había percatado de estas diferencias o no le había tomado importancia al tema. El programa de obra de la licitación fue presentado en una base mensual y cambiamos a una base semanal, prorateando linealmente los importes. Posteriormente realizamos acumulados en periodos quincenales que se podrán observar en la información tabular presentada más adelante en las gráficas.

Los **formatos 2 y 13**, sábana de estimaciones y cuerpo de estimaciones de cobro autorizadas por la supervisión externa, permitieron la obtención de los avances del proyecto o **Valor Ganado (EV)**.

De manera similar a la construcción del PV, para la construcción del EV realizamos un prorrateo lineal a partir del periodo de ejecución de cada estimación en una base semanal, y posteriormente realizamos acumulados en una base quincenal.

Cabe mencionar que existe un desfase entre el avance físico real con respecto a su acreditación en estimaciones de aproximadamente 15 a 30 días. La información a la fecha de corte en este caso de aplicación incluye solamente un presupuesto de conceptos extraordinarios y algunos excedentes de catálogo ya ejecutados, porque al momento de la aplicación del EVM varios conceptos extraordinarios ya ejecutados se encontraban todavía en proceso de conciliación.

Consideramos que para aportar información oportuna y más cercana a la realidad con respecto al estatus del proyecto la situación ideal sería contar con las cantidades de obra autorizadas para pago a los subcontratistas (formatos 5 y 15). Realizamos un ejercicio para acumular todas estas cantidades pero solamente se pudieron valorar en importe los conceptos del catálogo original,

además, detectamos inconsistencias con respecto al importe de los pagos reportados en el formato 15, por lo que esta opción fue descartada.

Los **formatos 5 y 14**, estimaciones de pago a subcontratistas y los presupuestos de conceptos de catálogo originales autorizados/contratados con los subcontratistas, permitieron la obtención de los **costos de la obra ejecutada** (AC).

Mediante el formato 5 identificamos la problemática de que diversos precios unitarios del catálogo original no estaban aprobados para pago a los subcontratistas. Asimismo, detectamos deficiencias en el registro de los conceptos extraordinarios pagados a los subcontratistas, pues no se codificaron estos conceptos de pago con respecto a los conceptos de cobro de la empresa ejecutora. Dicho de otra forma, se realizaron pagos de conceptos extraordinarios a los subcontratistas sin identificar la forma en la que la empresa cobraría dichos trabajos.

Los costos de obra con mayor importe corresponden a los **pagos a subcontratistas**. Esta parte fue calculada con base en las cantidades de obra por periodo obtenidas en el EV (obra ejecutada autorizada en estimaciones), multiplicada por los precios autorizados para pago a los subcontratistas.

Los costos fueron complementados con los **formatos 7, 15 y 16**. Estos datos son de registro y control por parte de la oficina central y fueron muy importantes para incluir en el EVM los costos reales de las cuotas obrero-patronales, pagos a proveedores e indirectos de campo.

La distribución por periodo de los importes de las **cuotas obrero-patronales** fue realizada prorrateando el importe de las cuotas pagadas en cada periodo con respecto a la obra ejecutada en el mismo periodo en cada frente de trabajo. De este mismo modo prorrateamos los **costos indirectos** de la oficina de campo por periodo. Mediante esta distribución, aplicamos proporcionalmente estos dos conceptos de costo.

Los costos considerados en el AC relacionados con los pagos efectuados a los **proveedores** de materiales no incluyen los anticipos y fueron registrados en cada periodo conforme al consumo (de acuerdo a los análisis de precios unitarios) que debieron observar dichos conceptos con base en los periodos y cantidades de obra registradas en las estimaciones de cobro al cliente. Este cálculo fue relativamente sencillo ya que el número de proveedores y materiales fue muy reducido. En este caso de estudio no contamos con los datos que permitieran comparar los consumos reales (en función de las compras) con los consumos planeados (en función de los análisis de precios unitarios y/o explosión de insumos) que podrían obtenerse mediante el formato 7.

Los **formatos 4 y 6**, relativos al control de anticipos y estado de cuenta de subcontratistas no forman parte de los procesos técnico-administrativos de la empresa, sin embargo, debido a que los anticipos otorgados fueron muy reducidos en número, fueron fácilmente identificables para no incluirlos en el Costo Actual.

El establecimiento de **umbrales de control** requiere cierta experiencia en el uso del EVM. Ya que en este caso práctico estamos tratando de implementar el método por primera vez sería poco pertinente tratar este tema, sin embargo, en el **documento 10** (el contrato entre la empresa ejecutora y el dueño del proyecto), podríamos encontrar que la cláusula decimo tercera establece las penas convencionales por atraso en la entrega de la obra. Estas sanciones son demasiado estrictas y no habría empresa capaz de afrontarlas, por lo que se hace imperante llevar a cabo todas las acciones posibles para el cumplimiento de dicha fecha de entrega.

Por otra parte, en relación al tiempo, la misma cláusula señala que un atraso igual o mayor a quince días propiciaría el inicio de un proceso de cierre administrativo, con miras a una rescisión del contrato (si el atraso fuera mayor al 25% según la cláusula vigésima). Este podría ser el límite superior de control.

Por lo que al atraso para fines de control interno se refiere y estar en posibilidad de emprender medidas correctivas, el límite a utilizar debería ser menor a los quince días y/o el 25% de atraso. La realidad que queda al descubierto, según se verá más adelante en la información tabular y gráfica que reporta el EVM, este umbral se ha rebasado con mucho. Sin embargo, la cláusula vigésimo quinta otorga cierto grado de discrecionalidad al dueño del proyecto en la aplicación de las sanciones, lo que explica en cierta manera que no se haya iniciado el proceso de rescisión.

La cláusula tercera del contrato señala que los conceptos excedentes y extraordinarios no podrían acumular un importe mayor al 20% del monto total del contrato. Sin embargo, este límite no se refiere a los costos actuales (AC) desde el punto de vista del sistema de control interno de la empresa ejecutora, sino al importe máximo que podría alcanzar el presupuesto a la terminación (BAC) con respecto al valor planeado (PV). Hecha esta aclaración, sería completamente inadmisibles la situación de que los costos en que se haya incurrido para la ejecución del avance físico que se reporta fueran mayores a los ingresos por estimaciones, pues implican una pérdida para la empresa ejecutora.

Lo anterior es una gran aportación que hace el método EVM en el control y seguimiento de los costos del proyecto ya que en la industria de la construcción mexicana generalmente asumimos que las erogaciones para la producción siempre han de ser mayores al inicio y gradualmente existirá una recuperación en función del cobro de estimaciones. Esto correspondería a un análisis financiero. Sin embargo, el EVM es muy claro: identifica si está costando más la ejecución del trabajo reportado como avance a la fecha de corte. De esta forma queda claro que si solamente se atienden los aspectos financieros (ingresos menos egresos) la empresa quedaría a la deriva sin la posibilidad de conocer los costos reales, pues solamente se tendría la “esperanza” de recuperación conforme se va ejecutando el proyecto sin contar con la certeza de que esto llegara a ocurrir.

Debido a que una empresa es un ente que entre otros fines tiene el de generar riqueza para sus propietarios, no se puede concebir una situación de pérdida económica. En ciertas situaciones en las que la pérdida económica fuese inevitable, se valorarían otros factores como el prestigio en el cumplimiento de los proyectos que se le encomiendan a la empresa y, contando con los recursos para hacerlo, decidiera continuar adelante con el proyecto.

En relación a los **cambios de proyecto**, de alguna manera en este caso de aplicación se ha contado con los boletines y soluciones técnicas que modifican y/o adicionan alcances al proyecto, como es el caso de la adenda en la que se agregó un frente denominado CG.

Las actualizaciones al programa de ejecución, derivadas de las modificaciones en los alcances, no se han podido incluir en las métricas del EVM de este caso de estudio, ya que la empresa ejecutora no formuló actualizaciones a sus cronogramas como parte del plan para la ejecución. Por lo anterior, el Valor Planeado (PV) utilizado corresponde al programa de contrato original.

Para llevar a cabo la actualización de la línea base de costos hemos propuesto el uso del **formato 3**, relativo al “techo financiero”, en el cual se propone revisar las cantidades totales que se pretenden ejecutar a la terminación del proyecto, a partir de las cuales se podrían detectar

excedentes al catálogo original, reducciones de volumen y cancelación de actividades, así como el importe de los conceptos extraordinarios. En la práctica, este trabajo fue asignado a los dos residentes encargados de cada frente de trabajo, pero fue de poca utilidad ya que existía un importe considerable de conceptos extraordinarios ejecutados y por ejecutar que estaban en proceso de formulación y conciliación con la supervisión externa.

El techo financiero o cantidades totales que se deben ejecutar para la terminación del proyecto (formato 3), en conjunto con la sábana de estimaciones o cantidades ejecutadas y acreditadas mediante estimaciones de cobro (formato 2), permitirían conocer la obra pendiente de ejecutar y realizar una re-programación de estas actividades. De esta forma se podría haber construido una nueva línea base que incluiría los cambios de proyecto y, mediante su seguimiento, encaminar los esfuerzos del personal de campo al cumplimiento de la fecha de entrega de cada frente.

Gráficas.

La información tabular y las gráficas obtenidas por medio de la aplicación del método EVM al proyecto se muestran a continuación. Presentamos un grupo de gráficas por cada uno de los tres puntos de control mencionados anteriormente y con fecha de corte al 13 de junio del 2015. La empresa ejecutora nos hizo entrega de los últimos datos el 9 de julio del 2015, lo que implica un desfase en el reporte del estatus del proyecto de prácticamente un mes.

Los cálculos y gráficas fueron elaborados mediante hojas de cálculo convencionales.

La información tabular y gráfica generada por el método EVM, tomada de la Extensión para Proyectos de Construcción del PMBOK [PMI, 2007], está clasificada de la siguiente manera:

Figuras EVM 01 es la **información tabular** de donde se obtienen las demás gráficas. Las gráficas sin subíndice se refieren al total del proyecto, el subíndice (a) son las relativas al frente PTS y el subíndice (b) al frente PSJ.

Figuras EVM 02 son las **curvas "S"** donde se resumen las métricas del EVM y bien pueden servir como un "resumen ejecutivo" del estatus del proyecto y frentes o puntos de control.

Figuras EVM 03 son métricas de **variaciones** en costo y tiempo.

Figuras EVM 04 son gráficas de los **índices de desempeño** en costo y tiempo, en forma radial y lineal que muestran la tendencia en el comportamiento de esos índices.

Figuras EVM 05 son gráficas del **pronóstico de los costos** y muestran la tendencia del costo conforme avanza el proyecto.

Figuras EVM 06 son gráficas del **pronóstico del tiempo** de ejecución y muestran la tendencia de la duración conforme avanza el proyecto.

Figura EVM-01. Información tabular a nivel Proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Obra: NMP - FASE II
Ubicación: Centro Histórico, México, D. F.

Fecha de inicio según contrato: 27-oct-14
Fecha de término según contrato: 29-ago-16
Duración (días calendario): 673.00

INFORMACIÓN TABULAR PARA SEGUIMIENTO DEL PROYECTO (al 13 de Junio 2015)

PV (Planned Value). Programa de ejecución según contrato y sus modificaciones.

EV (Earned Value). Obra ejecutada conforme a estimaciones aprobadas por Supervisión.

AC (Actual Cost). Costo real de la obra ejecutada conforme a estimaciones aprobadas por Supervisión.

Presupuesto según contrato y sus modificaciones:

BAC (Budget at Completion): \$24,754,541.21 sin IVA, según contrato.

Fecha de corte: 13 Junio 2015

| CODIGO | PARTIDA | IMPORTE | Avance por Partida | AÑO 2014 | | | 1Qna | 2Qna | 3Qna | 4Qna | 5Qna | 6Qna | 7Qna | 8Qna | 9Qna | 10Qna | 11Qna | 12Qna | 13Qna | 14Qna | 15Qna | 16Qna | | | | | |
|---|--|-----------------|--------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | Inicio | Término | Duración | 27Oct-2Nov | 10-16 Nov | 24-30 Nov | 8-14 Dic | 22-28 Dic | 12-18 Ene | 26Ene-1Feb | 9-15 Feb | 23Feb-1Mar | 9-15 Mar | 23-29 Mar | 6-12 Abr | 27Abr-3May | 11-17 May | 25-31 May | 8-14 Jun | | | | | |
| | CONTRATO ORIGINAL | \$24,754,541.21 | 38.9% | 27-oct-14 | 19-ago-16 | 663.00 | PV | \$73,487.20 | \$103,085.95 | \$280,678.43 | \$285,896.01 | \$285,896.01 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$330,926.65 | \$349,464.97 | \$501,664.33 | \$501,664.33 | \$404,084.14 | \$378,154.84 | \$201,621.40 | \$200,876.03 | \$200,876.03 | | | | |
| | | \$3,767,890.06 | 15.2% | 01-ene-15 | | | EV | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$56,272.64 | \$57,909.49 | \$67,730.61 | \$93,420.81 | \$144,640.82 | \$60,792.96 | \$145,460.16 | \$232,930.25 | \$247,059.33 | \$361,607.68 | \$190,484.66 | | | | |
| | | \$4,960,409.85 | 20.0% | | | | AC | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$87,234.79 | \$92,722.08 | \$125,645.81 | \$158,532.72 | \$206,233.59 | \$160,144.45 | \$187,762.06 | \$264,958.86 | \$294,584.27 | \$409,344.70 | \$219,862.99 | | | | |
| STATUS GLOBAL | Avance Programado | | | | | | [PV cum / BAC] | % Prog | 0.30% | 1.01% | 3.28% | 5.58% | 7.89% | 10.78% | 12.67% | 14.95% | 17.76% | 21.38% | 25.43% | 29.09% | 33.67% | 35.69% | 37.32% | 38.94% | | | |
| | Avance Real Ejecutado (conforme a estimaciones autorizadas) | | | | | | [EV cum / BAC] | % Real | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.58% | 1.05% | 1.59% | 2.36% | 3.29% | 4.46% | 5.29% | 7.85% | 9.86% | 12.78% | 15.22% | | | |
| | Costo para la ejecución del avance que se reporta | | | | | | [AC cum / BAC] | % Costo | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.91% | 1.70% | 2.78% | 4.04% | 5.53% | 7.26% | 8.54% | 11.98% | 14.34% | 17.58% | 20.04% | | | |
| | Trabajo por ejecutar | | | | | | [BAC - EV cum] | WR | | | \$24,754,541.21 | \$24,754,541.21 | \$24,754,541.21 | \$24,609,840.13 | \$24,495,658.00 | \$24,360,196.77 | \$24,169,550.34 | \$23,941,000.75 | \$23,651,073.42 | \$23,444,820.31 | \$22,811,781.89 | \$22,314,919.69 | \$21,591,704.32 | \$20,986,651.15 | | | |
| (EVM) Valor Ganado | Variación del costo [EV acum - AC acum] | | | | | | CV cum | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | -\$79,616.97 | -\$161,886.14 | -\$295,001.53 | -\$415,753.61 | -\$555,173.96 | -\$692,615.29 | -\$803,714.69 | -\$1,021,901.61 | -\$1,109,977.65 | -\$1,189,605.12 | -\$1,192,519.79 | | | | |
| | [CV acum / EV acum x 100] (por arriba del ppto (-) por abajo del ppto (+)) | | | | | | CV% cum | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -55.02% | -62.53% | -74.81% | -71.07% | -68.24% | -62.77% | -61.37% | -52.60% | -45.50% | -37.61% | -31.65% | | | | |
| | Índice de desempeño del costo [EV acum / AC acum] (Eficiencia del uso de los recursos) | | | | | | CPI cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 0.62 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | 0.66 | 0.69 | 0.73 | 0.76 | | | | |
| | Pronóstico del costo total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Si el comportamiento del índice de desempeño del costo continúa | | | | | | [BAC / CPI cum]. | EAC1 | | | | | \$38,374,906.34 | \$40,234,174.34 | \$43,272,939.83 | \$42,347,618.78 | \$41,647,464.67 | \$40,292,261.49 | \$39,945,249.71 | \$37,775,559.91 | \$36,017,348.66 | \$34,065,210.75 | \$32,589,239.10 | | | | |
| | Si el comportamiento del índice de desempeño del costo continúa conforme a las 3 últimas qnas. | | | | | | | EAC2 | | | | | | \$41,428,647.90 | \$42,203,917.62 | \$42,214,182.27 | \$41,172,411.59 | \$40,464,106.12 | \$38,964,237.91 | \$37,373,017.14 | \$35,449,042.18 | \$33,768,279.02 | | | | | |
| | Si se considera una combinación de los CPI x SPI | | | | | | | EAC3 | | | | | | \$704,014,992.53 | \$482,717,897.51 | \$400,276,527.28 | \$311,780,242.87 | \$263,392,253.76 | \$221,428,399.69 | \$210,127,761.53 | \$152,307,812.68 | \$121,139,679.85 | \$91,132,217.32 | \$75,641,857.20 | | | |
| | Si se considera una combinación de los índices 80% CPI + 20% SPI | | | | | | | EAC4 | | | | | | \$46,931,320.34 | \$48,572,401.56 | \$51,550,110.40 | \$49,901,911.09 | \$48,659,514.46 | \$46,712,727.04 | \$46,170,750.29 | \$42,924,811.19 | \$40,430,236.52 | \$37,579,478.66 | \$35,559,777.85 | | | |
| | Si el desempeño futuro es congruente a la tasa inicialmente planeada | | | | | | | EAC5 | | | | | | \$24,754,541.21 | \$24,754,541.21 | \$24,754,541.21 | \$24,834,158.18 | \$24,916,427.35 | \$25,049,542.74 | \$25,170,294.82 | \$25,309,715.17 | \$25,447,156.50 | \$25,558,255.90 | \$25,776,442.82 | \$25,864,518.86 | \$25,944,146.33 | \$25,947,061.00 |
| | Pronóstico de la Variación del costo a la terminación | | | | | | [BAC - EAC2] | VAC2 | | | | | | -\$16,674,106.69 | -\$17,449,376.41 | -\$17,459,641.06 | -\$16,417,870.38 | -\$15,709,564.91 | -\$14,209,696.70 | -\$12,618,475.93 | -\$10,694,500.97 | -\$9,013,737.81 | | | | | |
| | (-) Sobrecosto (+) Ahorros | | | | | | | VAC2% | | | | | | -67.36% | -70.49% | -70.53% | -66.32% | -63.46% | -57.40% | -50.97% | -43.20% | -36.41% | | | | | |
| | Pronóstico del Índice de desempeño del costo para la terminación | | | | | | [(BAC-EV) / (BAC-AC)] | TCPI | | | | | | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | | | | | |
| Pronóstico del Costo a partir de la fecha de corte hasta la terminación | | | | | | [EAC2 - AC] | ETC2 | | | | | | \$40,739,301.93 | \$41,203,173.14 | \$40,845,467.85 | \$39,376,328.51 | \$38,350,670.52 | \$35,999,576.98 | \$33,823,417.97 | \$31,096,600.16 | \$28,807,869.17 | | | | | | |
| (ES) Cronograma Ganado | Variación del programa [EV acum - PV acum] | | | | | | SV cum | -\$73,487.20 | -\$250,060.35 | -\$811,417.22 | -\$1,380,973.14 | -\$1,952,765.16 | -\$2,524,701.21 | -\$2,877,212.00 | -\$3,306,023.88 | -\$3,812,032.42 | -\$4,478,747.65 | -\$5,192,148.98 | -\$5,891,644.33 | -\$6,391,923.45 | -\$6,396,078.40 | -\$6,074,615.10 | -\$5,871,313.99 | | | | |
| | [SV acum / PV acum x 100] (-) Atraso (+) Adelanto | | | | | | SV% cum | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -94.58% | -91.75% | -89.34% | -86.70% | -84.63% | -82.47% | -81.81% | -76.69% | -72.39% | -65.76% | -60.91% | | | | |
| | Índice de desempeño del tiempo [EV acum / PV acum] (Eficiencia en el uso del tiempo) | | | | | | SPI cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.23 | 0.28 | 0.34 | 0.39 | | | | |
| | Pronóstico de la duración total en días (con base en unidades monetarias) | | | | | | EACt | | | | | | 12,231 | 8,032 | 6,221 | 4,983 | 4,313 | 3,783 | 3,645 | 2,844 | 2,401 | 1,936 | 1,696 | | | | |
| | Fecha pronosticada de terminación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19-jun-19 | | | |
| | Tiempo actual a la fecha de corte [AT] | | | | | | (días) | | 7.00 | 21.00 | 35.00 | 49.00 | 63.00 | 84.00 | 98.00 | 112.00 | 126.00 | 140.00 | 154.00 | 168.00 | 189.00 | 203.00 | 217.00 | 231.00 | | | |
| Cronograma Ganado [ES cum] | | | | | | ES cum (días) | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.65 | 21.22 | 24.60 | 29.35 | 35.05 | 42.18 | 47.25 | 62.76 | 77.27 | 98.66 | 113.36 | | | | |
| Variación del tiempo [SV(t) = ES cum - AT] | | | | | | (-) Atraso (+) Adelanto | SV(t) cum | -7.00 | -21.00 | -35.00 | -49.00 | -63.00 | -71.35 | -76.78 | -87.40 | -96.65 | -104.95 | -111.82 | -120.75 | -126.24 | -125.73 | -118.34 | -117.64 | | | | |
| Índice de desempeño del tiempo [SPI(t) = ES cum / AT] | | | | | | (< 1) Atraso (> 1) Adelanto | SPI(t) cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.28 | 0.33 | 0.38 | 0.45 | 0.49 | | | | |
| Pronóstico de la duración total del proyecto en días (con base en unidades de tiempo) [EAC1(t) = PD / SPI(t)] | | | | | | | EAC1(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 4,404 | 3,062 | 3,019 | 2,846 | 2,648 | 2,421 | 2,357 | 1,997 | 1,742 | 1,458 | 1,351 | | | | |
| Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado [EAC2(t) = AT + (PD - E | | | | | | | EAC2(t) | 670 | 684 | 698 | 712 | 726 | 734 | 740 | 750 | 760 | 768 | 775 | 784 | 789 | 789 | 781 | 781 | | | | |
| Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t) [EAC3(t) = AT + (PD - E | | | | | | | EAC3(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 4,404 | 3,062 | 3,019 | 2,846 | 2,648 | 2,421 | 2,357 | 1,997 | 1,742 | 1,458 | 1,351 | | | | |
| Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI [E | | | | | | | EAC4(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 6,781 | 4,915 | 5,193 | 4,779 | 4,360 | 3,843 | 3,701 | 2,948 | 2,442 | 1,925 | 1,706 | | | | |
| Índice de desempeño a la terminación (requerido para la terminación en el tiempo planeado) [TTCSPI(t) to go | | | | | | | TTCSPI(t) to go | 1.01 | 1.03 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.12 | 1.14 | 1.16 | 1.18 | 1.20 | 1.22 | 1.24 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | | | | |
| Fecha pronosticada de terminación del proyecto. [ECD = Fecha de inicio | | | | | | | ECD3 | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 16-nov-26 | 15-mar-23 | 31-ene-23 | 11-ago-22 | 26-ene-22 | 12-jun-21 | 10-abr-21 | 14-abr-20 | 03-ago-19 | 24-oct-18 | 09-jul-18 | | | | |

Figura EVM-01a. Información tabular a nivel frente PTS. Fuente: Elaboración propia.

Obra: NMP - FASE II
Ubicación: Centro Histórico, México, D. F.

Fecha de inicio según contrato: 27-oct-14
Fecha de término según contrato: 29-ago-16
Duración (días calendario): 673.00

INFORMACIÓN TABULAR PARA SEGUIMIENTO DEL PROYECTO (al 13 de Junio 2015)

Presupuesto según contrato y sus modificaciones:
BAC (Budget at Completion): \$24,754,541.21 sin IVA, según contrato.

PV (Planned Value). Programa de ejecución según contrato y sus modificaciones.

EV (Earned Value). Obra ejecutada conforme a estimaciones aprobadas por Supervisión.

AC (Actual Cost). Costo real de la obra ejecutada conforme a estimaciones aprobadas por Supervisión.

Fecha de corte: 13 Junio 2015

| CODIGO | PARTIDA | IMPORTE | Avance por Partida | | | | AÑO 2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|--|----------------|-----------|----------|---------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | Inicio | Término | Duración | 1Qna | 2Qna | 3Qna | 4Qna | 5Qna | 6Qna | 7Qna | 8Qna | 9Qna | 10Qna | 11Qna | 12Qna | 13Qna | 14Qna | 15Qna | 16Qna | | |
| | | | | | | | 27Oct-2Nov | 10-16 Nov | 24-30 Nov | 8-14 Dic | 22-28 Dic | 12-18 Ene | 26Ene-1Feb | 9-15 Feb | 23Feb-1Mar | 9-15 Mar | 23-29 Mar | 6-12 Abr | 27Abr-3May | 11-17 May | 25-31 May | 8-14 Jun | | |
| | CONTRATO ORIGINAL | \$24,754,541.21 | 38.9% | 27-oct-14 | 19-ago-16 | 663.00 | PV | \$73,487.20 | \$103,085.95 | \$280,678.43 | \$285,896.01 | \$285,896.01 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$330,926.65 | \$349,464.97 | \$501,664.33 | \$501,664.33 | \$404,084.14 | \$378,154.84 | \$201,621.40 | \$200,876.03 | \$200,876.03 | |
| | | \$3,767,890.06 | 15.2% | 01-ene-15 | | | EV | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$56,272.64 | \$57,909.49 | \$67,730.61 | \$93,420.81 | \$144,640.82 | \$60,792.96 | \$145,460.16 | \$232,930.25 | \$247,059.33 | \$361,607.68 | \$190,484.66 | |
| | | \$4,960,409.85 | 20.0% | | | | AC | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$87,234.79 | \$92,722.08 | \$125,645.81 | \$158,532.72 | \$206,233.59 | \$160,144.45 | \$187,762.06 | \$264,958.86 | \$294,584.27 | \$409,344.70 | \$219,862.99 | |
| B | Frente: PTS. | \$6,246,099.66 | 100.0% | 27-oct-14 | 11-may-15 | 197.00 | PV | \$73,487.20 | \$103,085.95 | \$280,678.43 | \$285,896.01 | \$285,896.01 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$233,346.46 | \$212,408.81 | \$745.37 | | | | |
| | | \$1,328,472.34 | 21.3% | 16-feb-15 | | | EV | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$36,204.57 | \$87,707.29 | \$18,046.68 | \$41,732.13 | \$98,448.81 | \$149,061.28 | \$130,027.22 | \$50,696.19 | |
| | | \$1,572,753.64 | 25.2% | | | | AC | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$54,732.99 | \$118,515.08 | \$39,676.34 | \$51,384.10 | \$102,241.25 | \$157,710.82 | \$148,120.37 | \$58,908.88 | |
| STATUS | GLOBAL | Avance Programado | | [PV cum / BAC] | | | % Prog | 1.18% | 4.00% | 12.99% | 22.11% | 31.26% | 42.74% | 50.21% | 57.68% | 65.15% | 72.62% | 80.10% | 87.57% | 98.01% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | |
| | | Avance Real Ejecutado (conforme a estimaciones autorizadas) | | [EV cum / BAC] | | | % Real | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 1.11% | 3.22% | 5.85% | 6.80% | 9.73% | 14.86% | 19.02% | 21.27% |
| | | Costo para la ejecución del avance que se reporta | | [AC cum / BAC] | | | % Costo | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 1.60% | 4.75% | 8.01% | 9.35% | 12.85% | 18.20% | 22.85% | 25.18% | |
| | | Trabajo por ejecutar | | [BAC - EV cum] | | | WR | | | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,176,692.43 | \$6,045,275.81 | \$5,880,857.07 | \$5,821,078.26 | \$5,638,150.35 | \$5,318,142.59 | \$5,058,088.15 | \$4,917,627.32 | |
| (EVM) | Valor Ganado | Variación del costo [EV acum - AC acum] | | | | | CV cum | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | -\$30,569.08 | -\$95,860.05 | -\$135,163.43 | -\$158,875.19 | -\$194,604.95 | -\$209,070.02 | -\$239,522.30 | -\$244,281.30 | |
| | | [CV acum / EV acum x 100] | (por arriba del ppto (-) por abajo del ppto (+)) | | | | CV Real | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -44.04% | -47.73% | -37.01% | -37.38% | -32.01% | -22.53% | -20.16% | |
| | | Índice de desempeño del costo [EV acum / AC acum] | (Eficiencia del uso de los recursos) | | | | | CPI cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.69 | 0.68 | 0.73 | 0.73 | 0.76 | 0.82 | 0.83 | 0.84 |
| | | Pronóstico del costo total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Si el comportamiento del índice de desempeño del costo continúa | [BAC / CPI cum]. | | | | | EAC1 | | | | | | | | | \$8,997,074.69 | \$9,227,575.46 | \$8,557,561.38 | \$8,580,923.96 | \$8,245,480.06 | \$7,653,354.63 | \$7,505,414.16 | \$7,394,640.96 |
| | | Si el comportamiento del índice de desempeño del costo continúa conforme a las 3 últimas qnas. | | | | | | EAC2 | | | | | | | | | \$8,997,074.69 | \$9,170,276.21 | \$8,802,116.38 | \$8,695,014.78 | \$8,411,109.25 | \$7,980,836.28 | \$7,679,985.60 | \$7,479,596.43 |
| | | Si se considera una combinación de los índices 80% CPI + 20% SPI | | | | | | EAC3 | | | | | | | | | \$521,754,213.44 | \$202,026,099.60 | \$110,862,333.31 | \$103,496,877.62 | \$75,749,048.60 | \$44,998,572.40 | \$33,382,650.36 | \$28,945,614.33 |
| | | Si se considera una combinación de los índices 80% CPI + 20% SPI | | | | | | EAC4 | | | | | | | | | \$11,153,460.62 | \$11,280,698.74 | \$10,326,148.08 | \$10,320,330.34 | \$9,810,963.14 | \$8,927,878.87 | \$8,614,256.41 | \$8,419,136.87 |
| | | Si el desempeño futuro es congruente a la tasa inicialmente planeada | | | | | | EAC5 | | | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,246,099.66 | \$6,276,668.74 | \$6,341,959.71 | \$6,381,263.09 | \$6,404,974.85 | \$6,440,704.61 | \$6,455,169.68 | \$6,485,621.96 | \$6,490,380.96 |
| | | Pronóstico de la Variación del costo a la terminación | [BAC - EAC2] | | | | | VAC2 | | | | | | | | | -\$2,750,975.03 | -\$2,924,176.55 | -\$2,556,016.72 | -\$2,448,915.12 | -\$2,165,009.59 | -\$1,734,736.62 | -\$1,433,885.94 | -\$1,233,496.77 |
| (-) Sobrecosto (+) Ahorros | | | | | | VAC2% | | | | | | | | | -44.04% | -46.82% | -40.92% | -39.21% | -34.66% | -27.77% | -22.96% | -19.75% | | |
| Pronóstico del índice de desempeño del costo para la terminación | [(BAC-EV) / (BAC-AC)] | | | | | TCPI | | | | | | | | | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | | |
| Pronóstico del Costo a partir de la fecha de corte hasta la terminación | [EAC2 - AC] | | | | | ETC2 | | | | | | | | | \$0.00 | \$8,897,098.38 | \$8,873,592.30 | \$8,301,710.36 | \$8,111,118.18 | \$7,608,554.99 | \$6,843,809.18 | \$6,252,451.79 | \$5,906,842.78 | |
| (EVM) | Valor Ganado | Variación del programa [EV acum - PV acum] | | | | | SV cum | -\$73,487.20 | -\$250,060.35 | -\$811,417.22 | -\$1,380,973.14 | -\$1,952,765.16 | -\$2,669,402.29 | -\$3,136,095.21 | -\$3,602,788.13 | -\$4,000,073.83 | -\$4,335,350.13 | -\$4,637,624.31 | -\$5,044,538.42 | -\$5,513,792.42 | -\$5,318,142.59 | -\$5,058,088.15 | -\$4,917,627.32 | |
| | | [SV acum / PV acum x 100] | (-) Atraso (+) Adelanto | | | | SV% cum | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -100.00% | -98.29% | -95.57% | -92.70% | -92.23% | -90.07% | -85.14% | -80.98% | |
| | | Índice de desempeño del tiempo [EV acum / PV acum] | (Eficiencia en el uso del tiempo) | | | | | SPI cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.15 | 0.19 | |
| | | Pronóstico de la duración total en días (con base en unidades monetarias) | | | | | | EACT | | | | | | | | | 11,550 | 4,450 | 2,698 | 2,535 | 1,984 | 1,326 | 1,036 | |
| | | Fecha pronosticada de terminación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10-may-17 | |
| (ES) | Cronograma Ganado | Tiempo actual a la fecha de corte [AT] | | | | | (días) | 7.00 | 21.00 | 35.00 | 49.00 | 63.00 | 84.00 | 98.00 | 112.00 | 126.00 | 140.00 | 154.00 | 168.00 | 189.00 | 203.00 | 217.00 | 231.00 | |
| | | Cronograma Ganado [ES cum] | | | | | ES cum (días) | | | | | | | | | | 6.61 | 17.10 | 23.87 | 25.36 | 29.93 | 37.86 | 44.26 | |
| | | Variación del tiempo [SV(t) = ES cum - AT] | (-) Atraso (+) Adelanto | | | | | SV(t) cum | -7.00 | -21.00 | -35.00 | -49.00 | -63.00 | -84.00 | -98.00 | -112.00 | -119.39 | -122.90 | -130.13 | -142.64 | -159.07 | -165.14 | -172.74 | |
| | | Índice de desempeño del tiempo [SPI(t) = ES cum / AT] | (< 1) Atraso (> 1) Adelanto | | | | | SPI(t) cum | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.12 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.19 | 0.20 | |
| | | Pronóstico de la duración total del proyecto en días (con base en unidades de tiempo) [EAC1(t) = PD / SPI(t)] | | | | | | EAC1(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 3,754 | 1,613 | 1,271 | 1,305 | 1,244 | 1,056 | 966 | 954 |
| | | Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado [EAC2(t) = AT + (PD - E | | | | | | EAC2(t) | 204 | 218 | 232 | 246 | 260 | 281 | 295 | 309 | 316 | 320 | 327 | 340 | 356 | 362 | 370 | 380 |
| | | Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t) [EAC3(t) = AT + (PD - E | | | | | | EAC3(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 3,754 | 1,613 | 1,271 | 1,305 | 1,244 | 1,056 | 966 | 954 |
| | | Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI [E | | | | | | EAC4(t) | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 5,353 | 2,316 | 1,684 | 1,730 | 1,582 | 1,248 | 1,117 | 1,087 |
| | | Índice de desempeño a la terminación (requerido para la terminación en el tiempo planeado) [TCSPI(t) to go | | | | | | TCSPI(t) to go | 1.04 | 1.12 | 1.22 | 1.33 | 1.47 | 1.74 | 1.99 | 2.32 | 2.68 | 3.16 | 4.03 | 5.92 | 20.88 | -26.52 | -7.64 | -4.39 |
| | | Fecha pronosticada de terminación del proyecto. [ECD = Fecha de inicio | | | | | | ECD3 | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | No determinac | 05-feb-25 | 28-mar-19 | 19-abr-18 | 23-may-18 | 24-mar-18 | 17-sep-17 | 18-jun-17 | 06-jun-17 |

Figura EVM-02. Curvas "S" a Nivel Proyecto. Fuente: Elaboración propia.

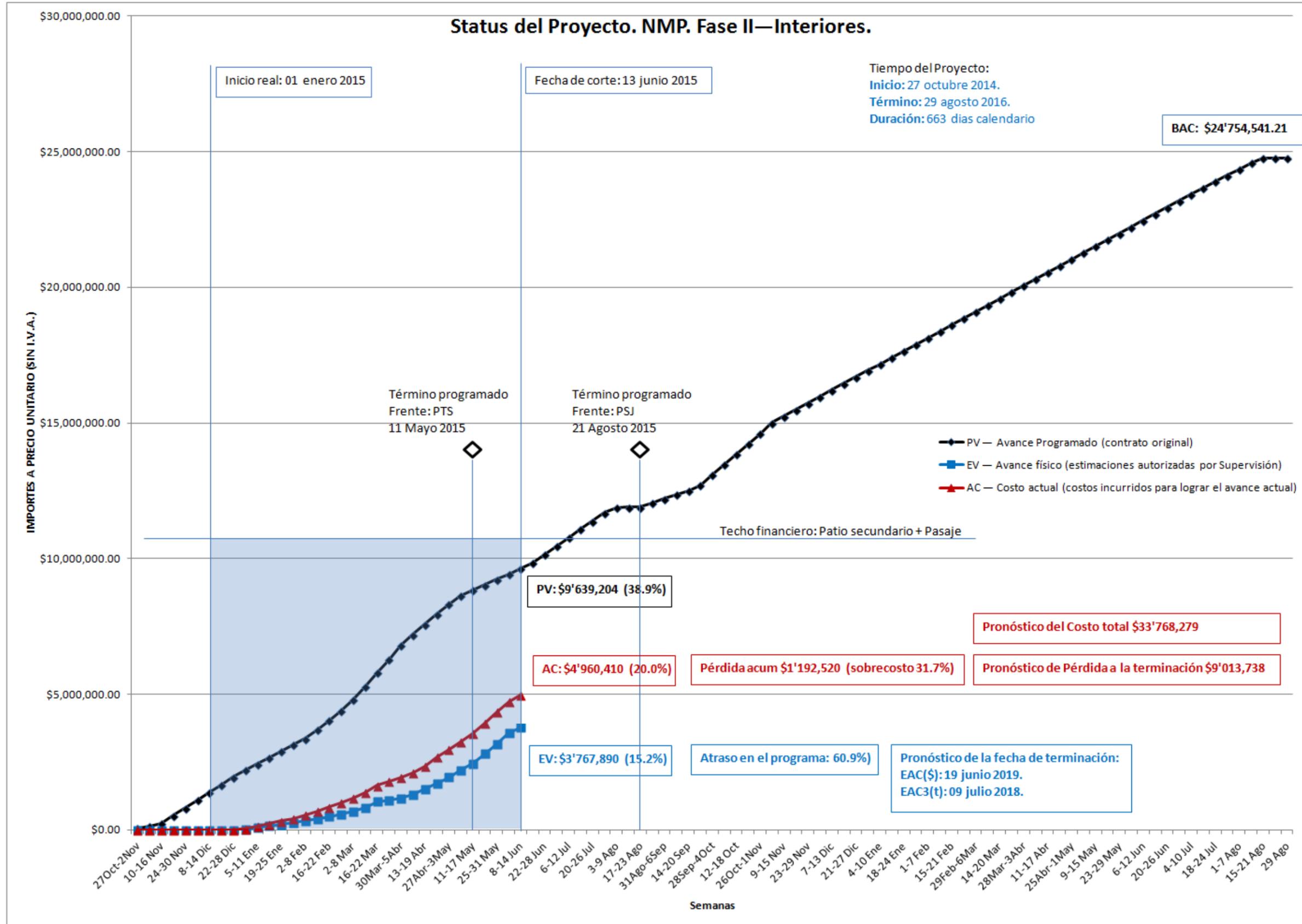


Figura EVM-02a. Curvas "S" a Nivel Frente PTS. Fuente: Elaboración propia.

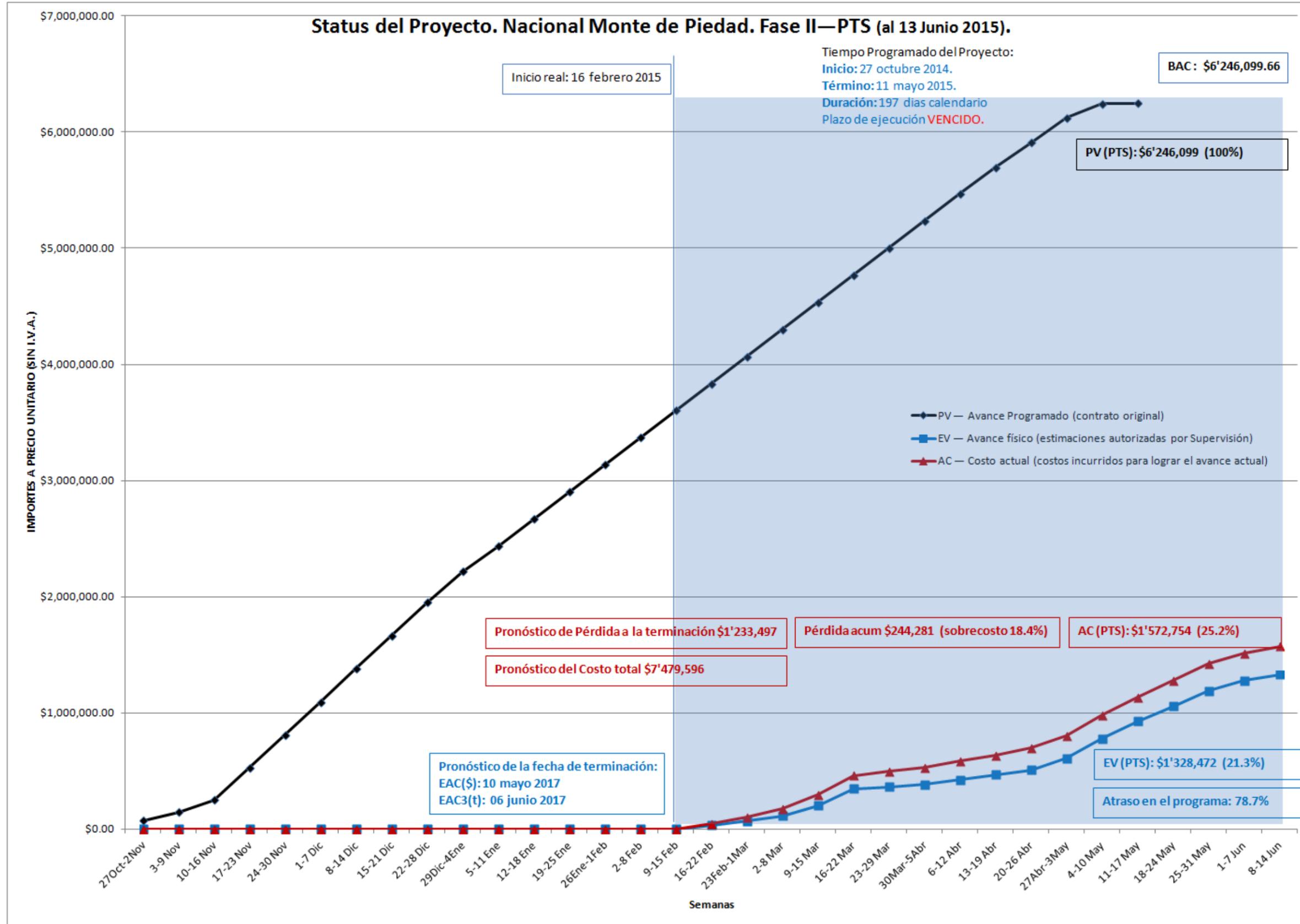


Figura EVM-02b. Curvas "S" a Nivel Frente PSJ. Fuente: Elaboración propia.

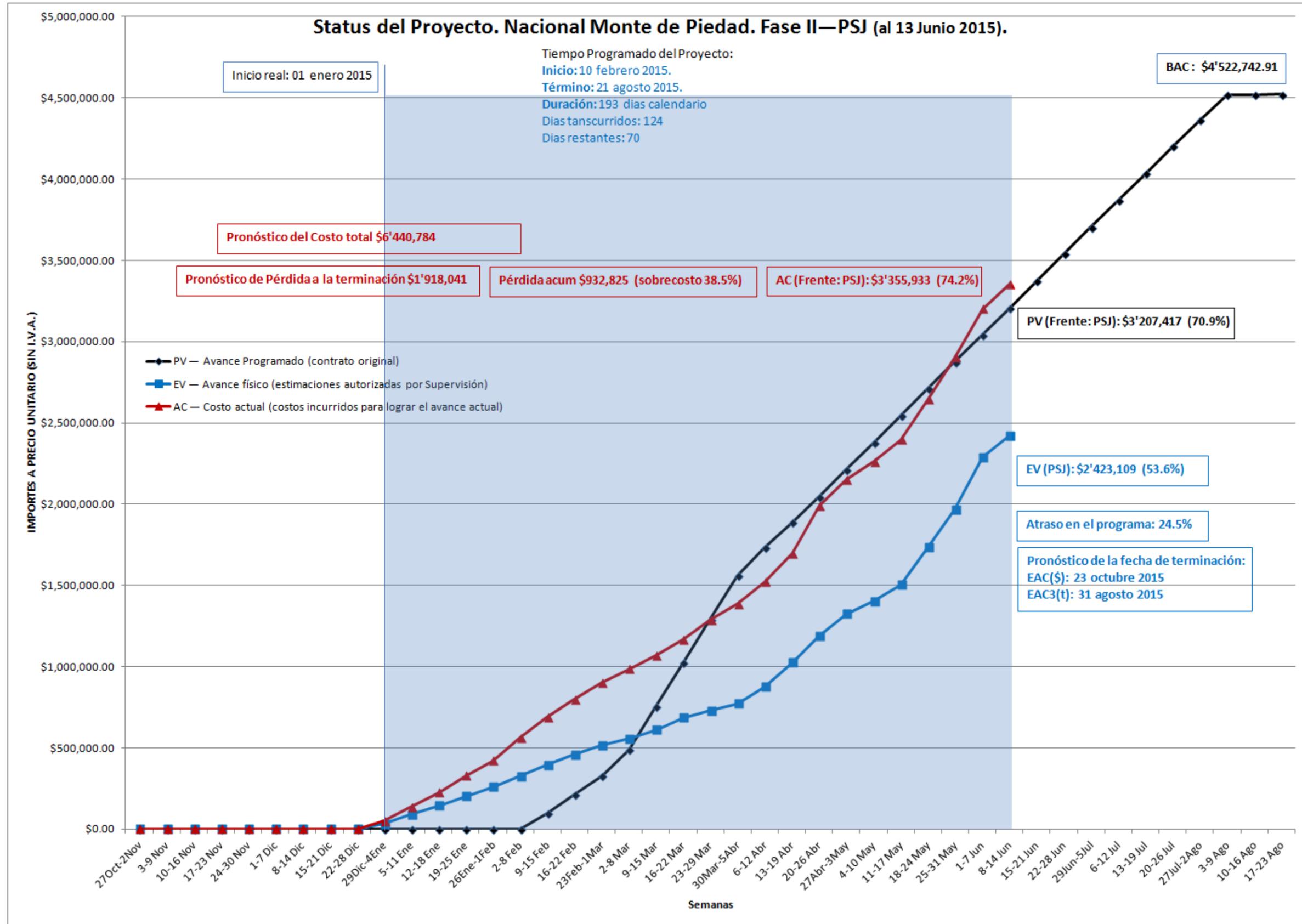
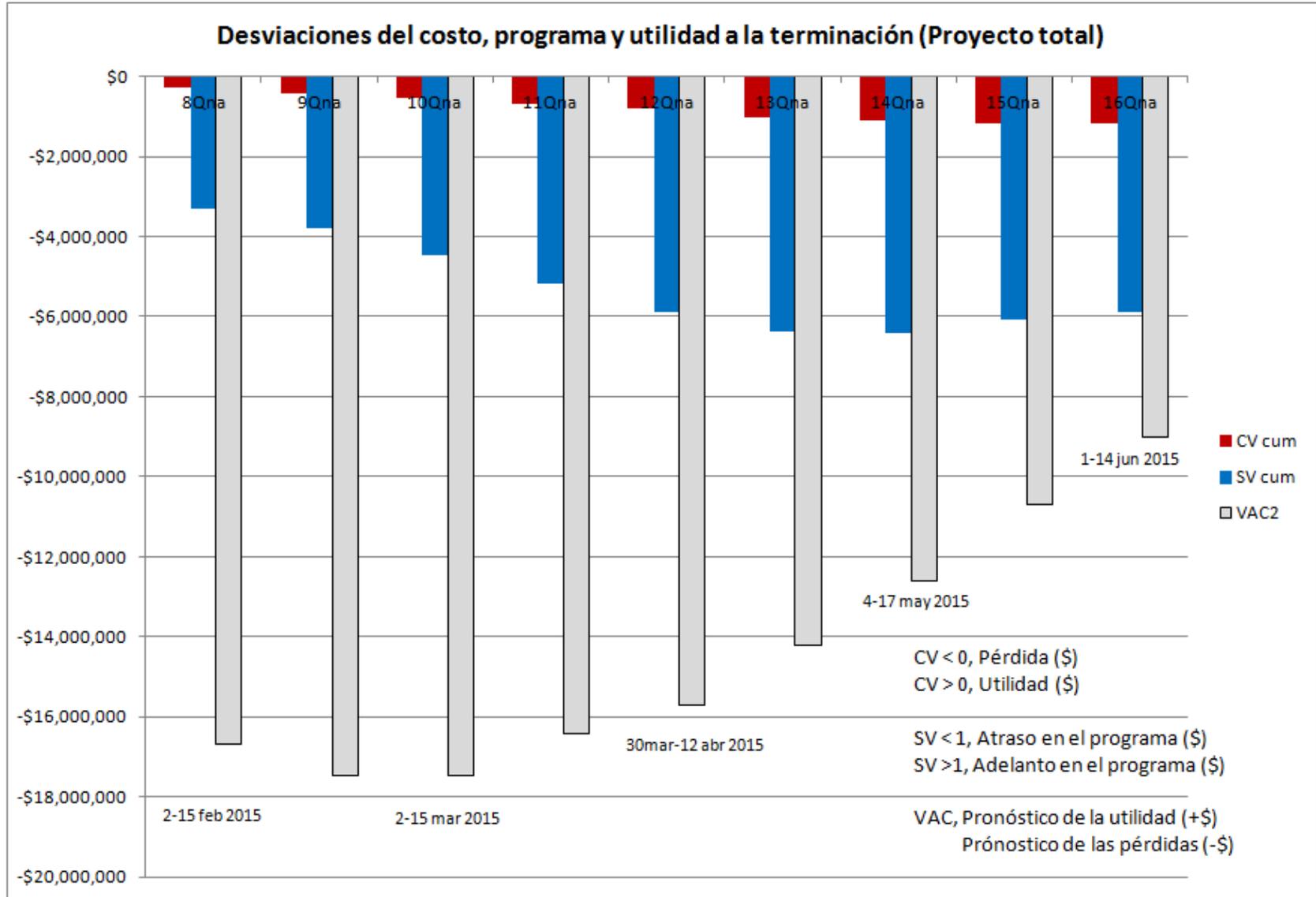


Figura EVM-03. Variaciones de costo y tiempo al nivel de Proyecto. Fuente: Elaboración propia.



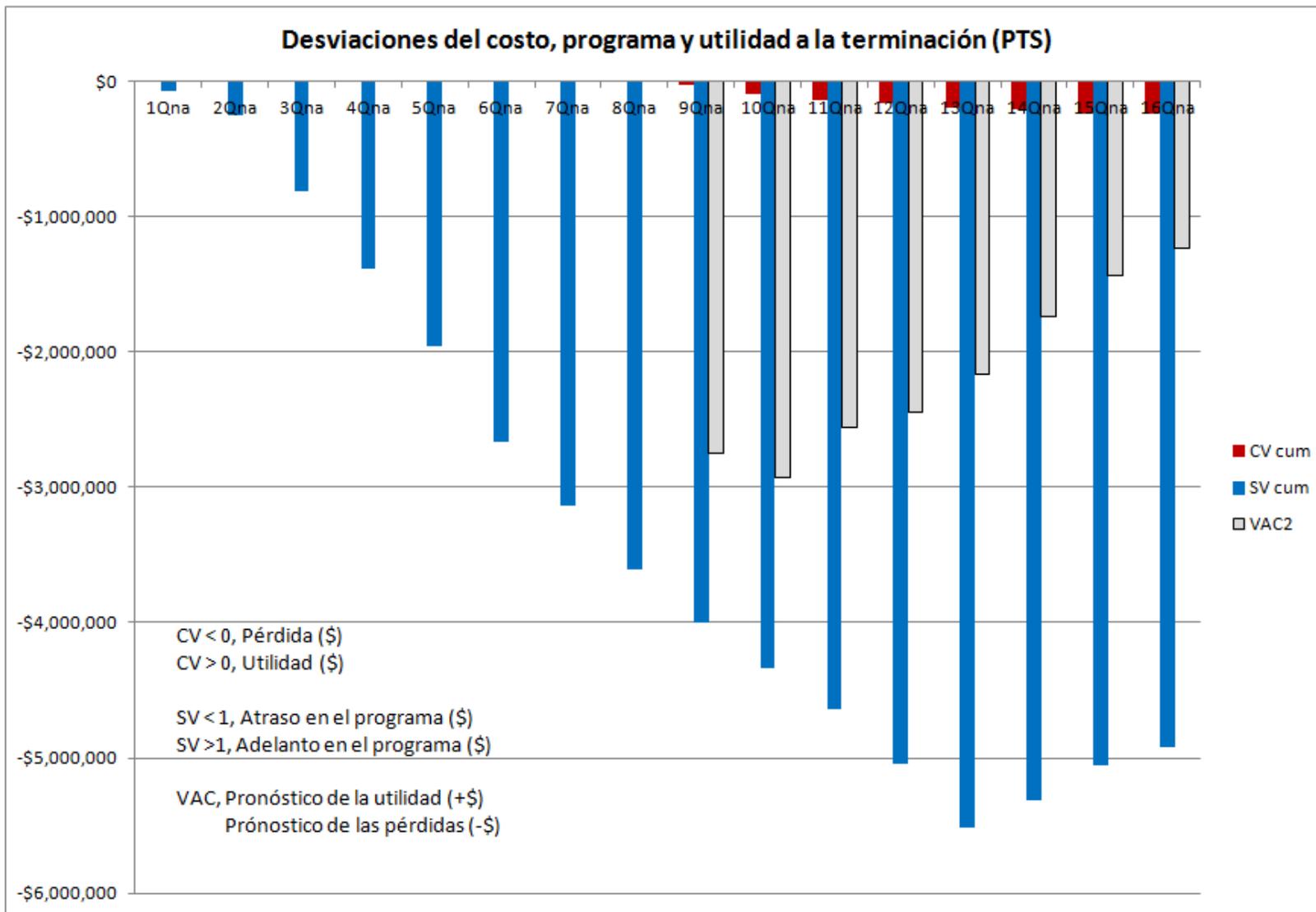
Notas.-

La pérdida en costos tiene una tendencia al alza conforme avanza el proyecto (CV)

La desviación del programa presenta un máximo en la Qna 14 (15 Mayo 2015) y una ligera tendencia de recuperación

El pronóstico del monto de la pérdida a la terminación tiende a \$9'013,738.

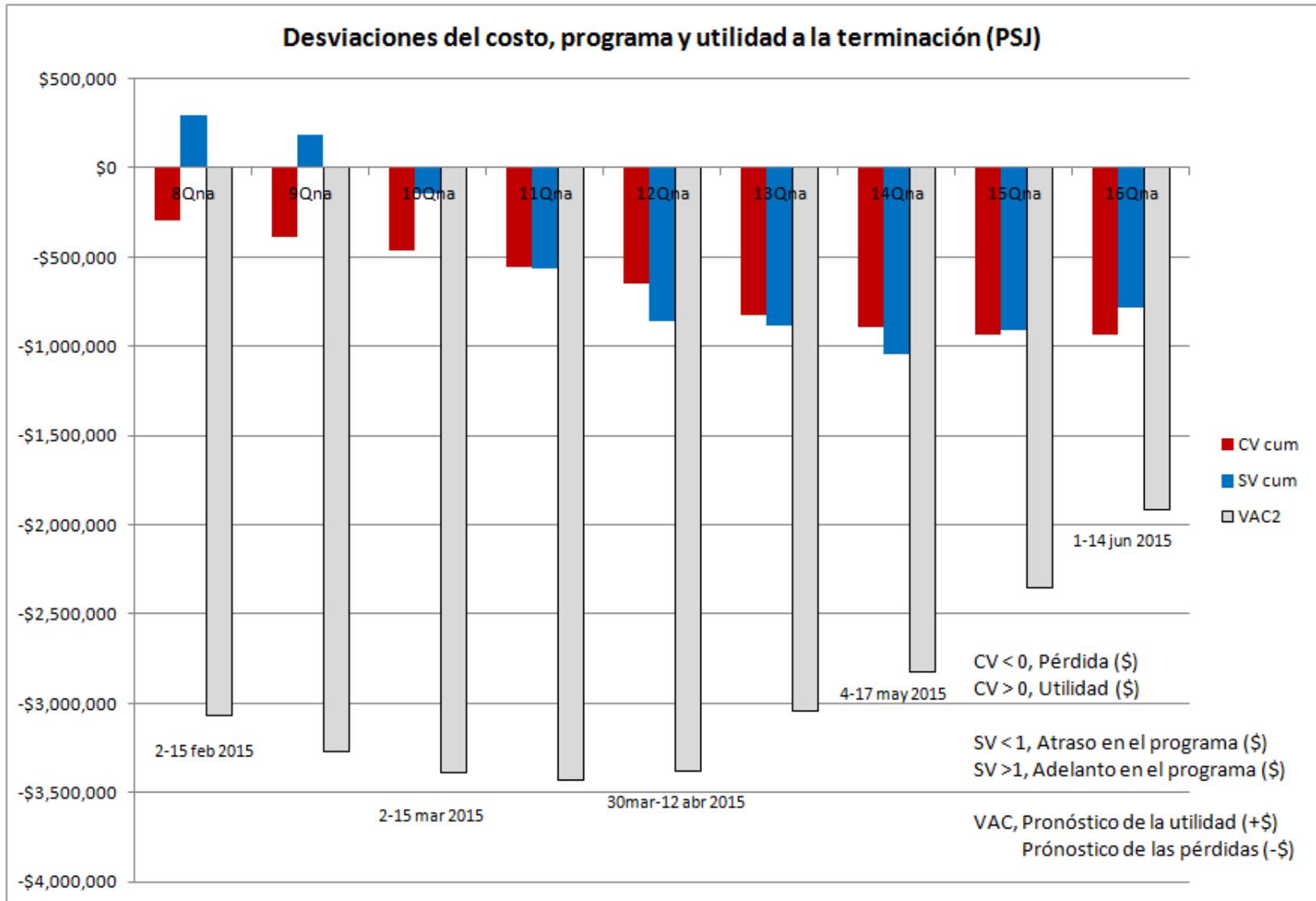
Figura EVM-03a. Variaciones de costo y tiempo al nivel del Frente PTS. Fuente: Elaboración propia.



Notas.-

La pérdida en costos tiene una tendencia al alza conforme avanza el proyecto (CV)
 El atraso del programa inicia en la Qna 01 (inicio del contrato), el inicio real ocurrió en la 9a Qna (16 Febrero 2015).
 El indicador SV muestra recuperación en la variación del tiempo, aunque vale notar que el término está vencido.
 El pronóstico del monto de la pérdida a la terminación tiende a \$1'233,497.

Figura EVM-03b. Variaciones de costo y tiempo al nivel del Frente PSJ. Fuente: Elaboración propia.



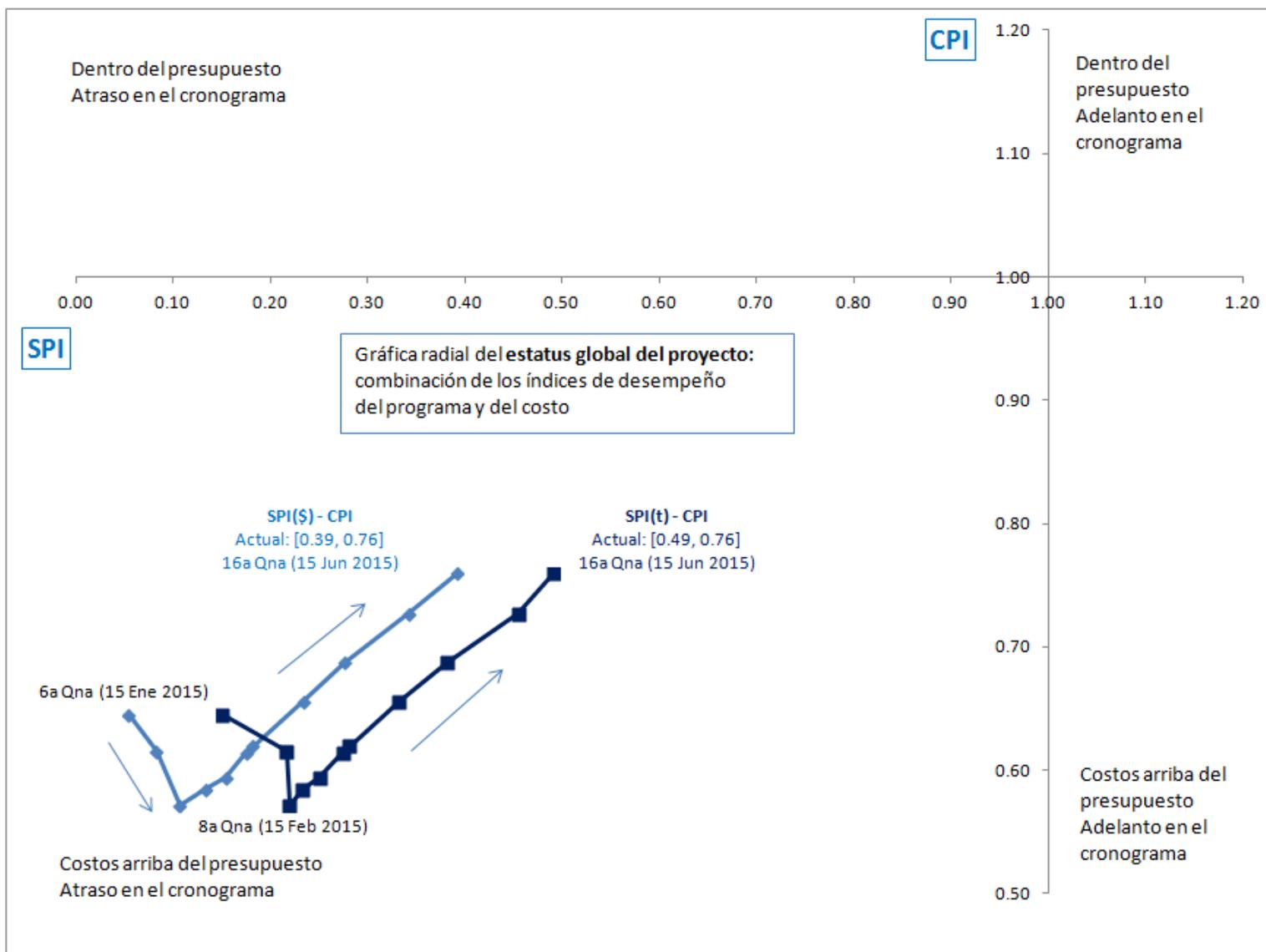
Notas.-

La pérdida en costos tiene una tendencia al alza conforme avanza el proyecto (CV)

El atraso del programa inicia en la Qna 10 (15 Marzo 2015) con una ligera tendencia de recuperación a partir del 15 Mayo 2015.

El pronóstico del monto de la pérdida a la terminación tiende a \$1'918,041.

Figura EVM-04. **Gráfico radial de los índices de desempeño en costo y tiempo al nivel del Proyecto.** Fuente: Elaboración propia.



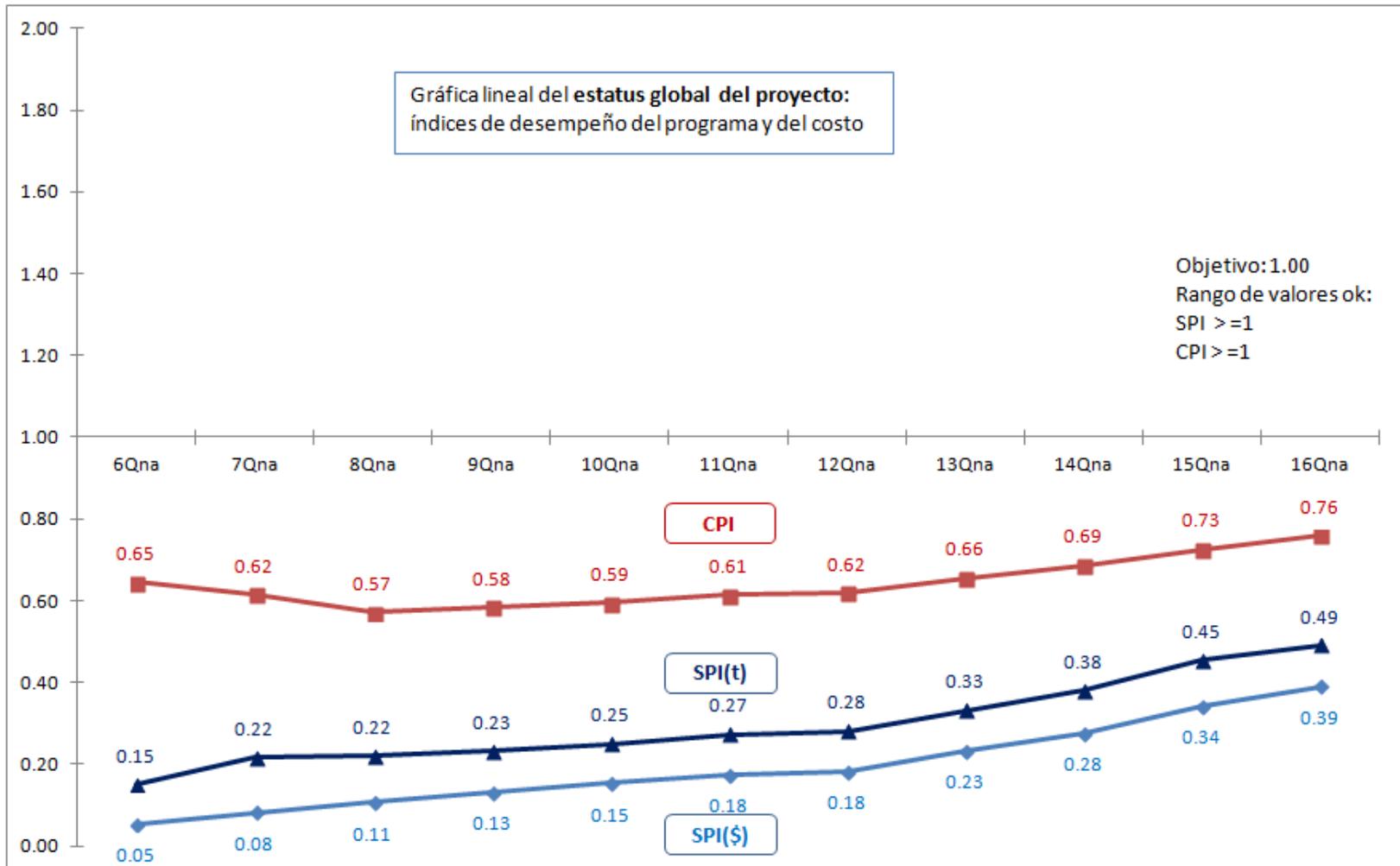
Notas.-

Muestra una tendencia de recuperación aunque con valores fuera de rangos aceptables

La recuperación en costo se debe a que en la medida en que la obra ejecutada se incrementa, se amortizan los costos indirectos.

El índice de desempeño del cronograma muestra la misma tendencia, tanto el SPI(\$) como el SPI(t)

Figura EVM-04-1. Gráfico lineal de los índices de desempeño en costo y tiempo al nivel del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.



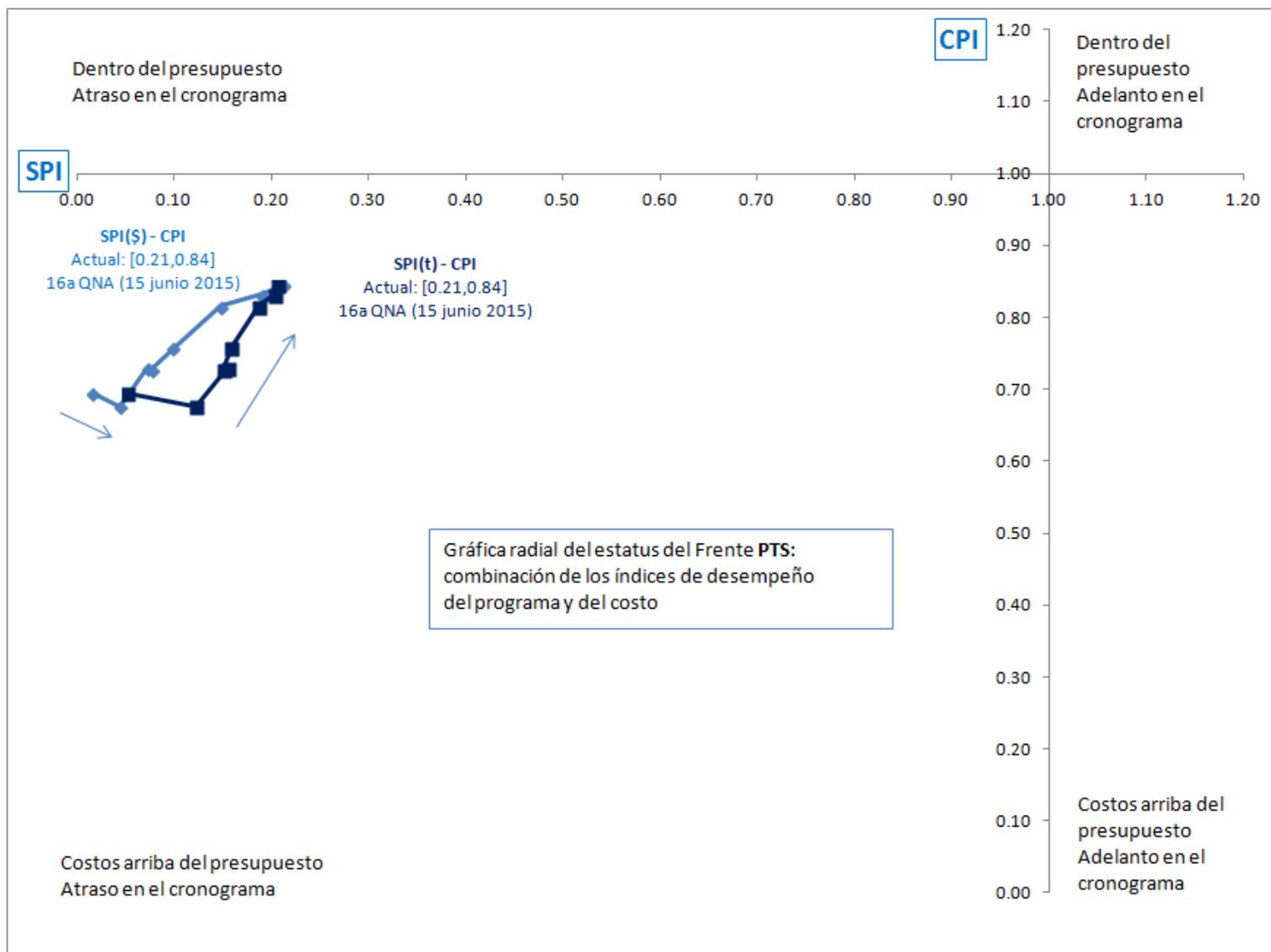
Notas.-

Muestra una tendencia de recuperación aunque con valores fuera de rangos aceptables

Muestra costos por arriba del presupuesto de cobro al cliente (valores CPI < 1).

El índice de desempeño del cronograma muestra la misma tendencia, tanto el SPI(\$), como el SPI(t)

Figura EVM-04a. Gráfico radial de los índices de desempeño en costo y tiempo al nivel del Frente PTS. Fuente: Elaboración propia.



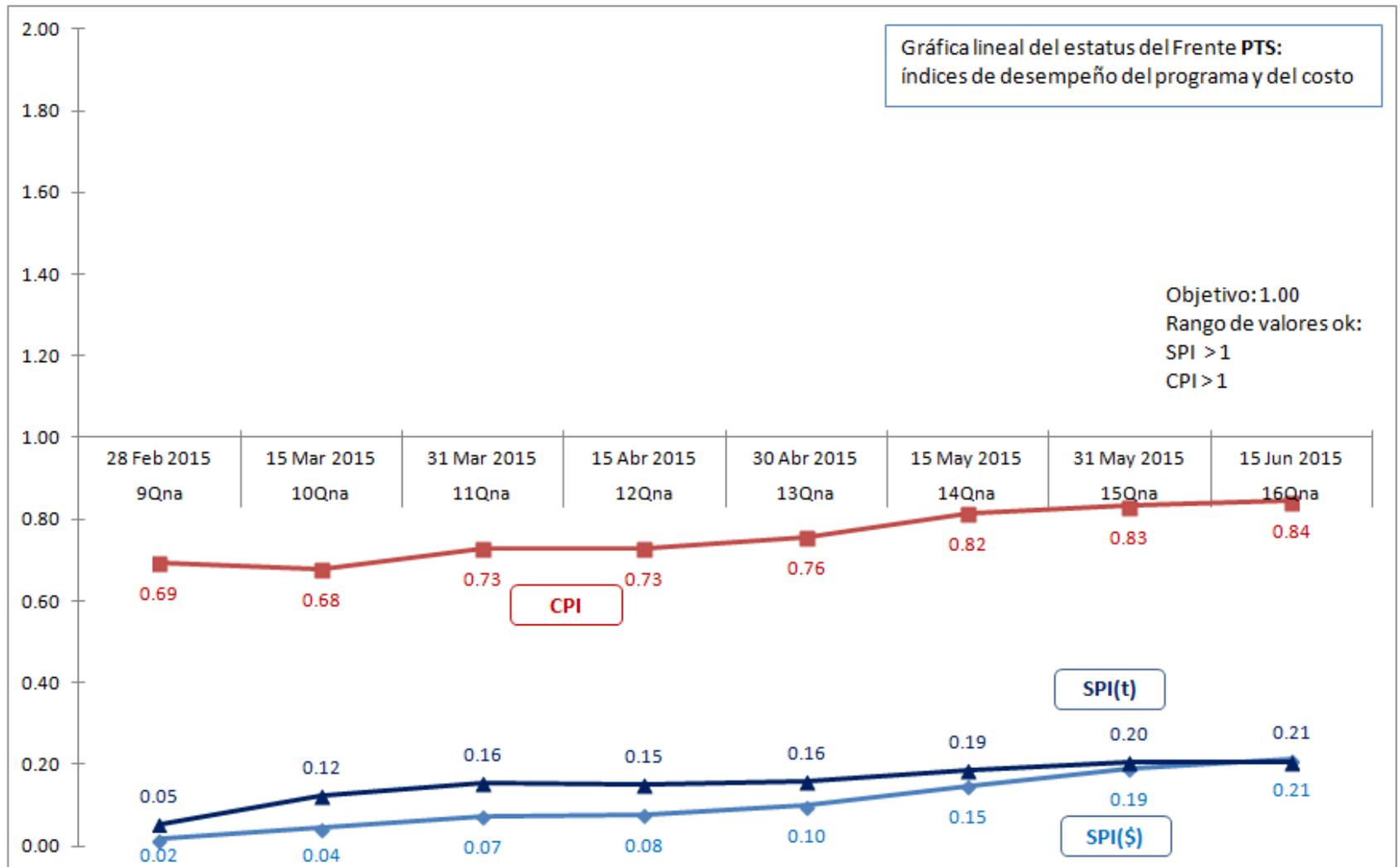
Notas.-

Muestra costos por arriba del presupuesto de cobro al cliente (valores CPI < 1).

La aparente recuperación en tiempo es una falla del indicador SPI, pues este frente se debió terminar en Mayo (15a Qna)

Los valores actuales de desempeño están fuera de rangos aceptables.

Figura EVM-04a-1. Gráfico lineal de los índices de desempeño en costo y tiempo al nivel del Frente PTS. Fuente: Elaboración propia.



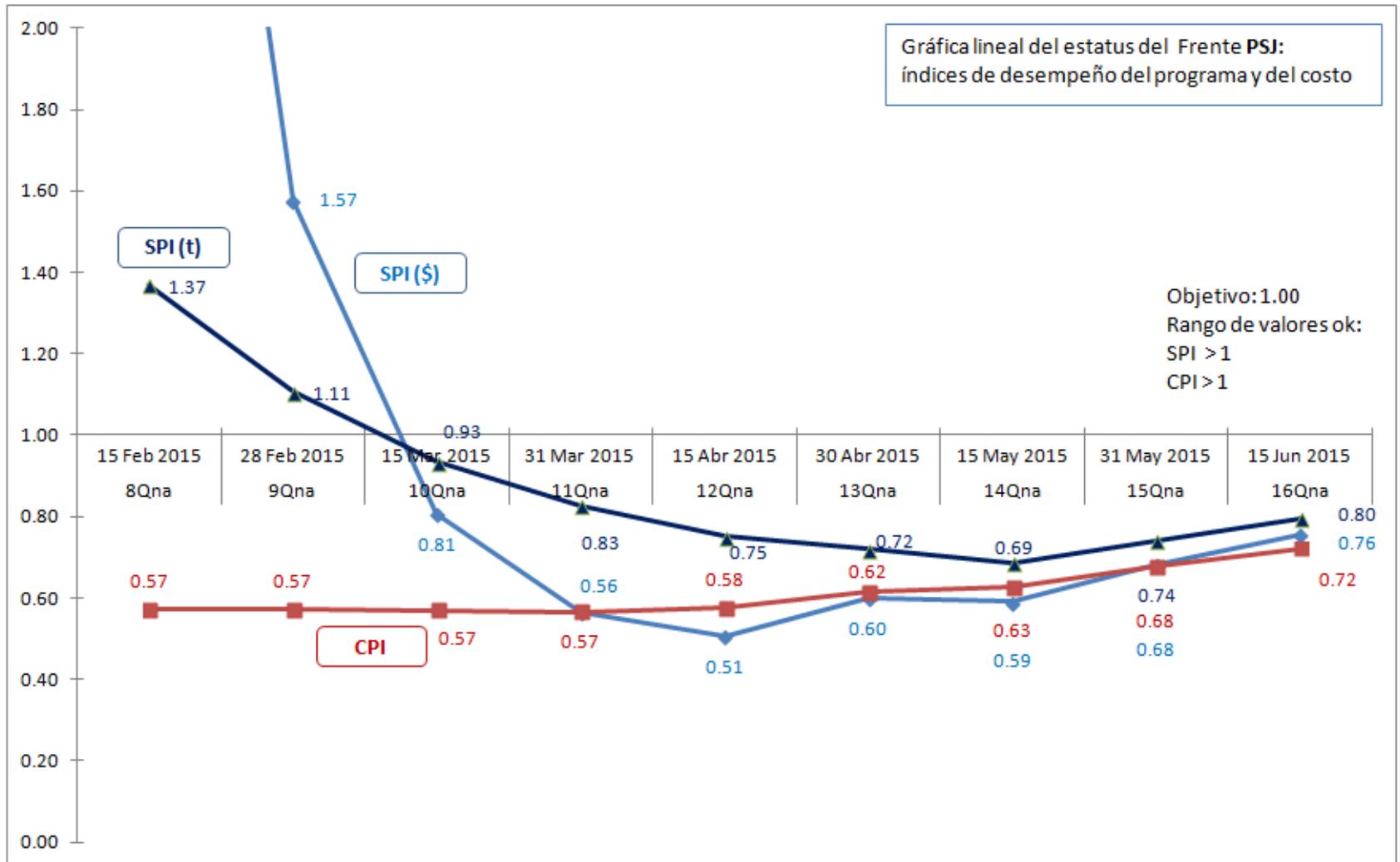
Notas.-

Muestra costos por arriba del presupuesto de cobro al cliente (valores CPI < 1).

Muestra atrasos muy importantes al programa. El plazo de ejecución está vencido desde el 11 Mayo 2015

Los valores actuales de desempeño están fuera de rangos aceptables.

Figura EVM-04b-1. Gráfico lineal de los índices de desempeño en costo y tiempo al nivel del Frente PSJ. Fuente: Elaboración propia.



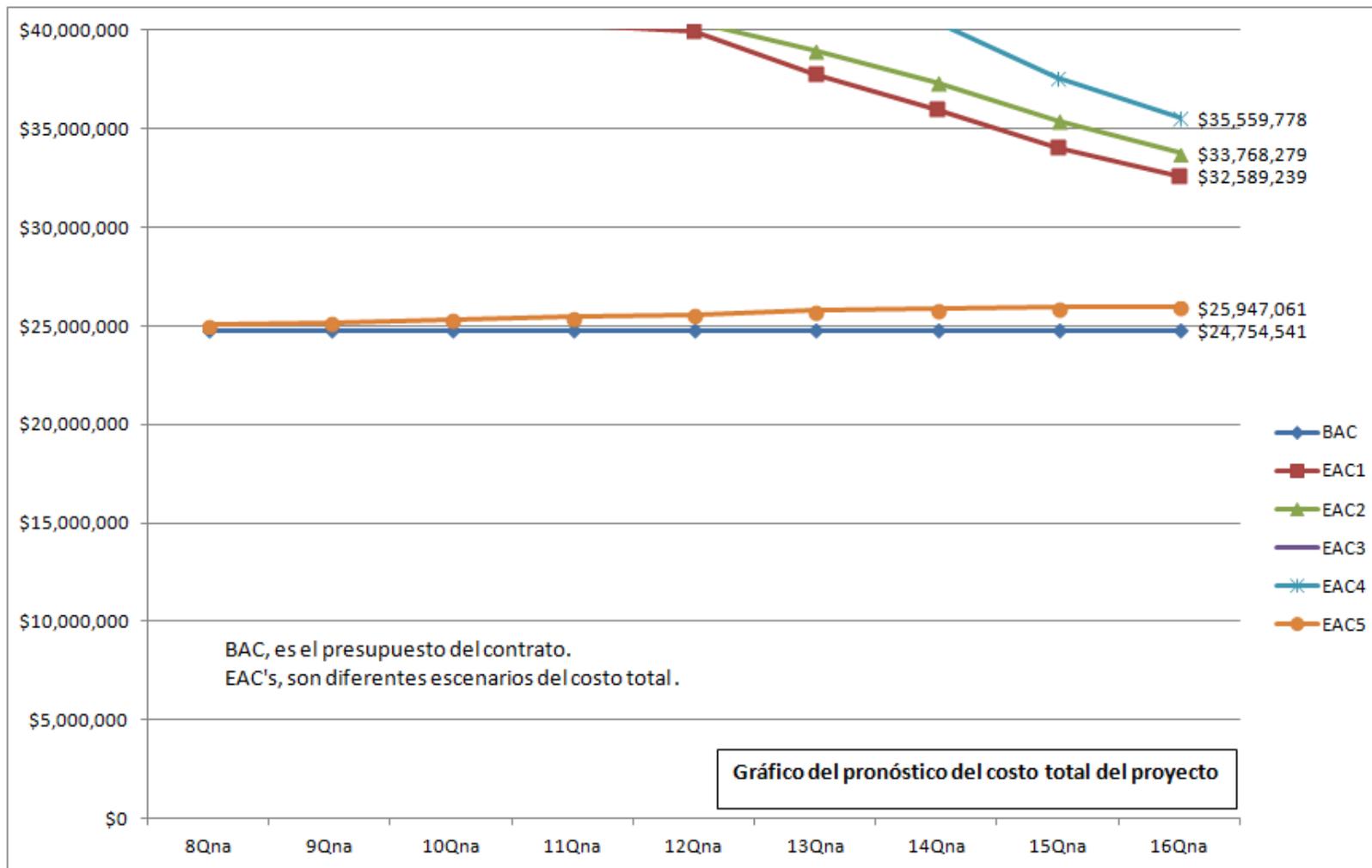
Notas.-

Muestra costos por arriba del presupuesto de cobro al cliente (valores CPI < 1).

Muestra que en el mes de febrero el avance real se encontraba por arriba del programado, debido a que ésta fase inició antes.

Los valores actuales de desempeño están fuera de rangos aceptables.

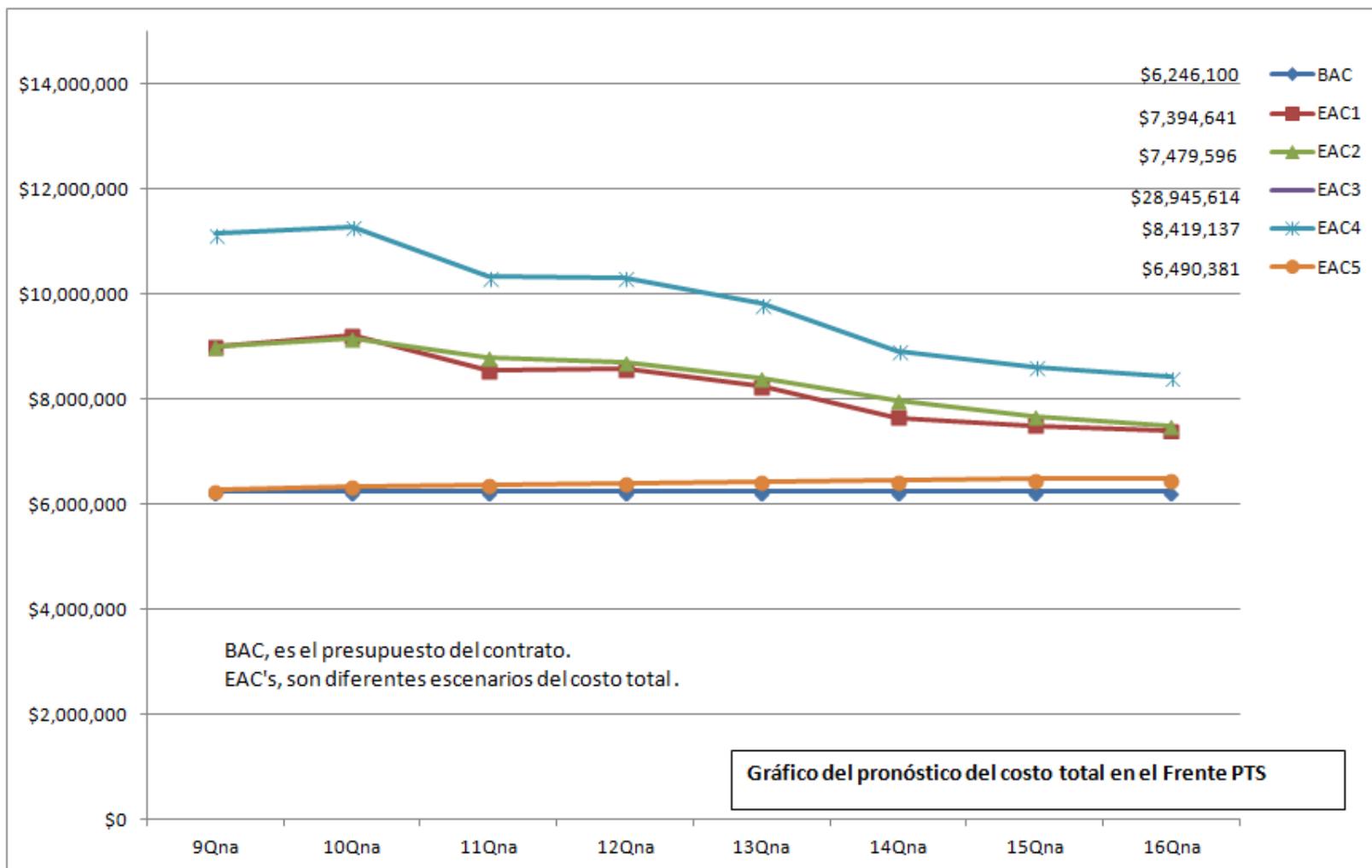
Figura EVM-05. **Gráfico de los pronósticos del costo total del proyecto.** Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del costo total del proyecto a la terminación:

- EAC1, si el desempeño futuro se comportara como ha sido a la fecha.
- EAC2, si el desempeño futuro se comportara como en las últimas tres quincenas.
- EAC3, si el desempeño futuro se comportara con una acción combinada del índice de costos e índice del programa.
esto significaría que la recuperación del programa también tendría una contribución en el costo.
- EAC4, si el desempeño futuro se comportara conforme a una acción combinada al 80% del costo y 20% del programa.
- EAC5, si el desempeño futuro, realizando acciones correctivas a partir de ahora, se comportara conforme al plan inicial.

Figura EVM-05a. **Gráfico de los pronósticos del costo total del Frente PTS.** Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del costo total del proyecto a la terminación:

EAC1, si el desempeño futuro se comportara como ha sido a la fecha.

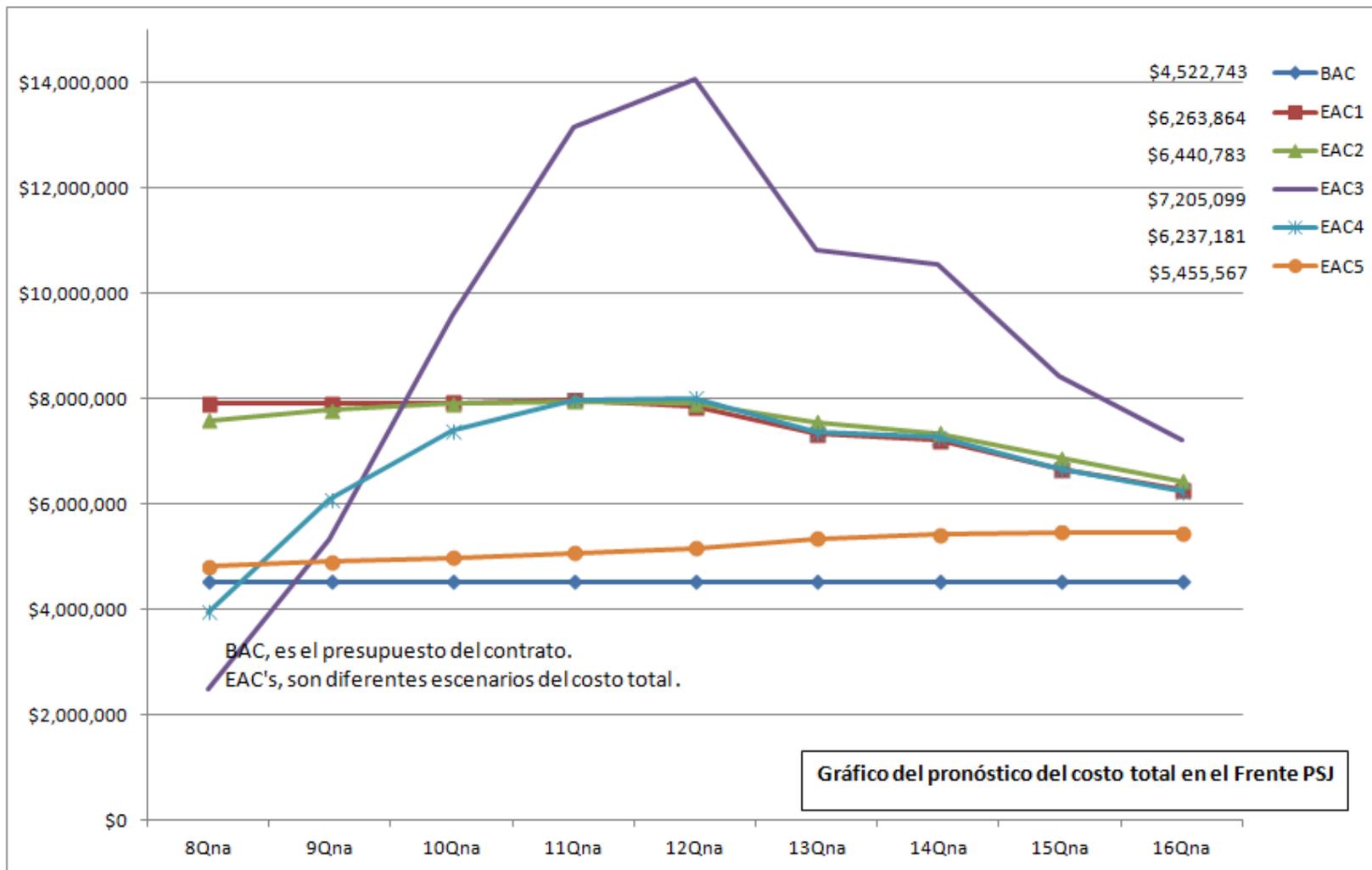
EAC2, si el desempeño futuro se comportara como en las últimas tres quincenas.

EAC3, si el desempeño futuro se comportara con una acción combinada del índice de costos e índice del programa.
esto significaría que la recuperación del programa también tendría una contribución en el costo.

EAC4, si el desempeño futuro se comportara conforme a una acción combinada al 80% del costo y 20% del programa.

EAC5, si el desempeño futuro, realizando acciones correctivas a partir de ahora, se comportara conforme al plan inicial.

Figura EVM-05b. Gráfico de los pronósticos del costo total del Frente PSJ. Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del costo total del proyecto a la terminación:

EAC1, si el desempeño futuro se comportara como ha sido a la fecha.

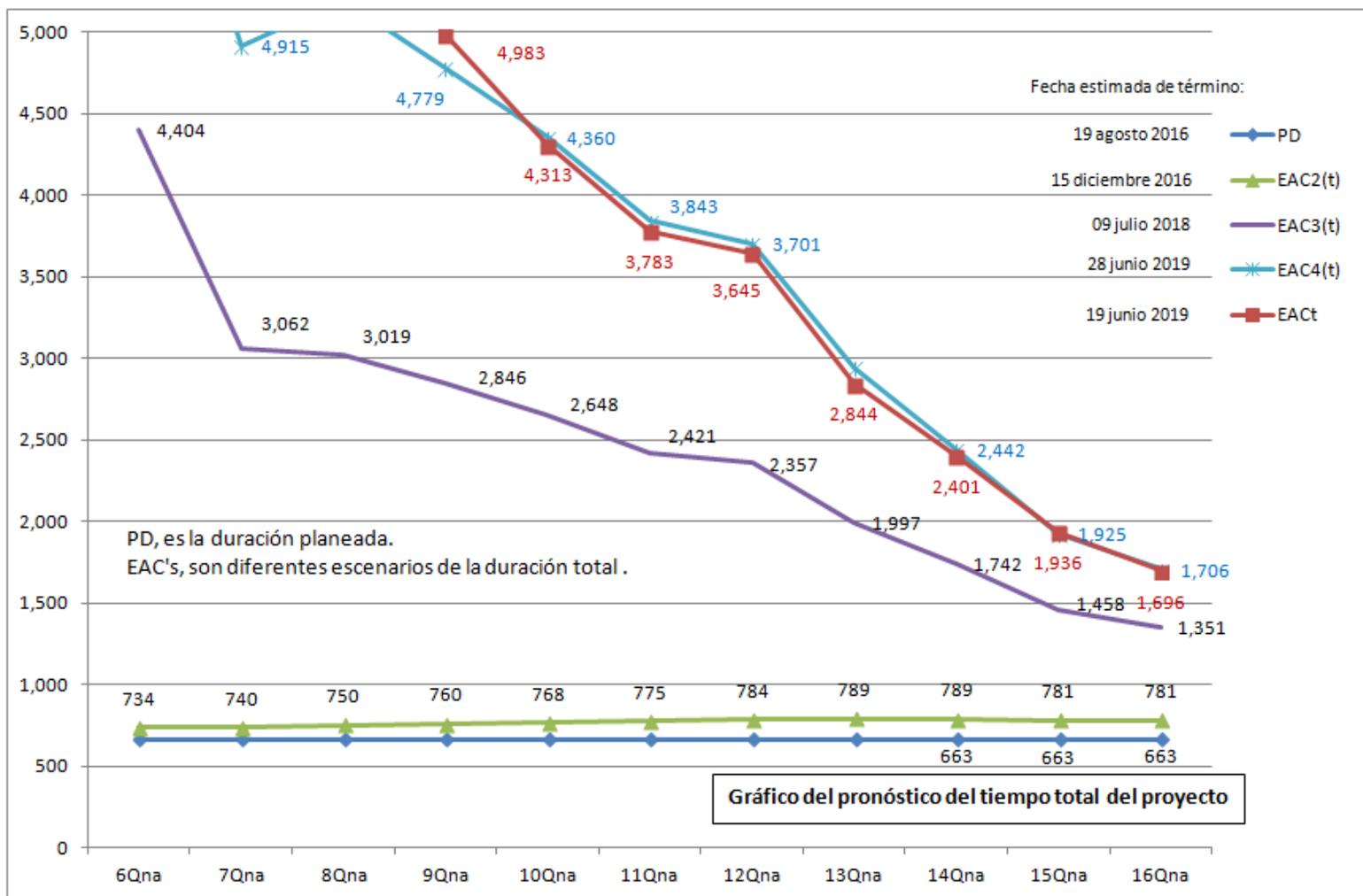
EAC2, si el desempeño futuro se comportara como en las últimas tres quincenas.

EAC3, si el desempeño futuro se comportara con una acción combinada del índice de costos e índice del programa. esto significaría que la recuperación del programa también tendría una contribución en el costo.

EAC4, si el desempeño futuro se comportara conforme a una acción combinada al 80% del costo y 20% del programa.

EAC5, si el desempeño futuro, realizando acciones correctivas a partir de ahora, se comportara conforme al plan inicial.

Figura EVM-06. **Gráfico de los pronósticos de la duración total del Proyecto.** Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del tiempo total del proyecto a la terminación:

Pronóstico basado en unidades monetarias conforme al método del Valor Ganado (EVM)

EACt, Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual (SPI)

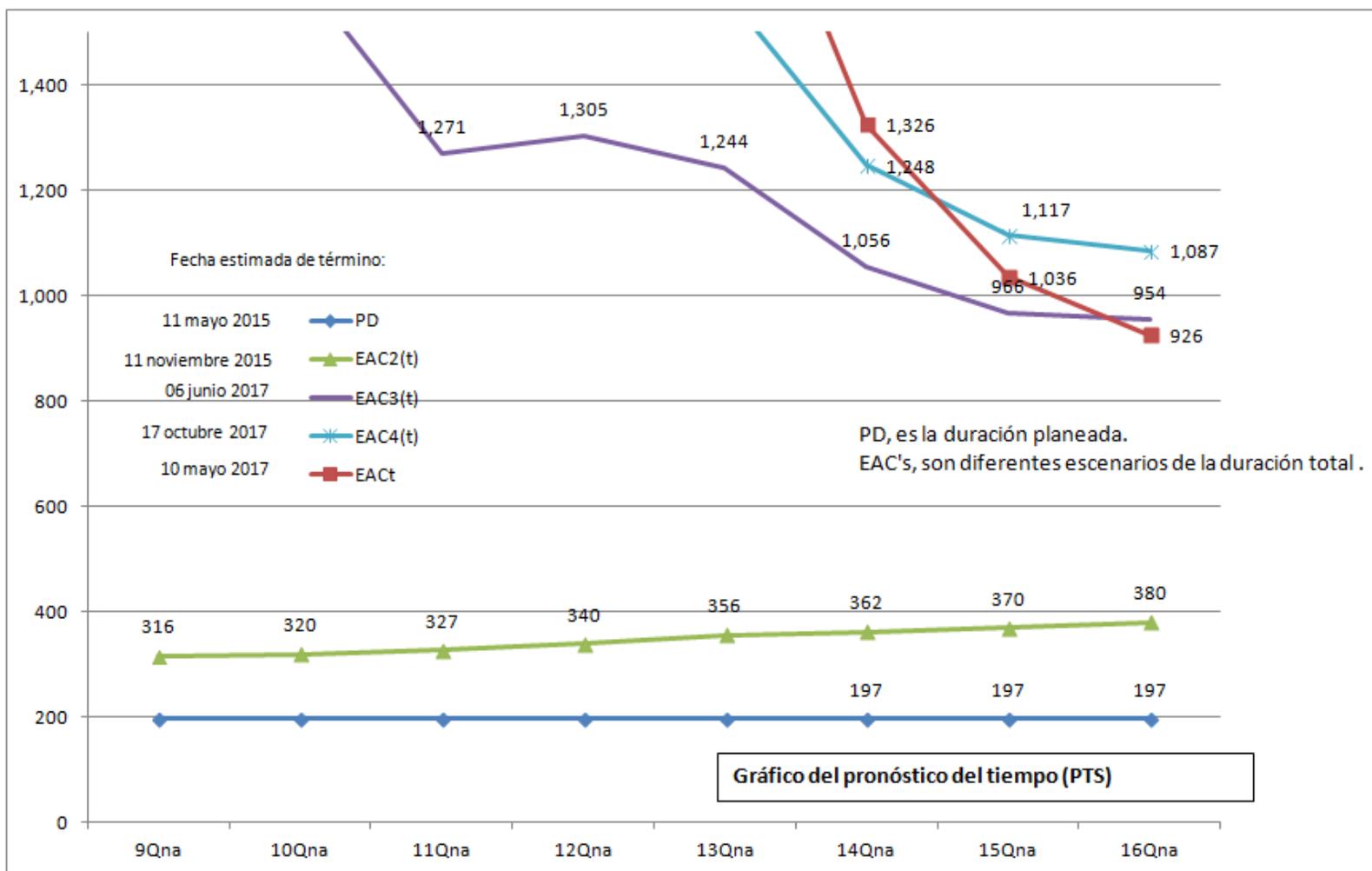
Pronósticos basados en unidades de tiempo conforme al método del Cronograma Ganado (ES)

EAC2(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado

EAC3(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t)

EAC4(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI

Figura EVM-06a. Gráfico de los pronósticos de la duración total del Frente PTS. Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del tiempo total del proyecto a la terminación:

Pronóstico basado en unidades monetarias conforme al método del Valor Ganado (EVM)

EACT, Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual (SPI)

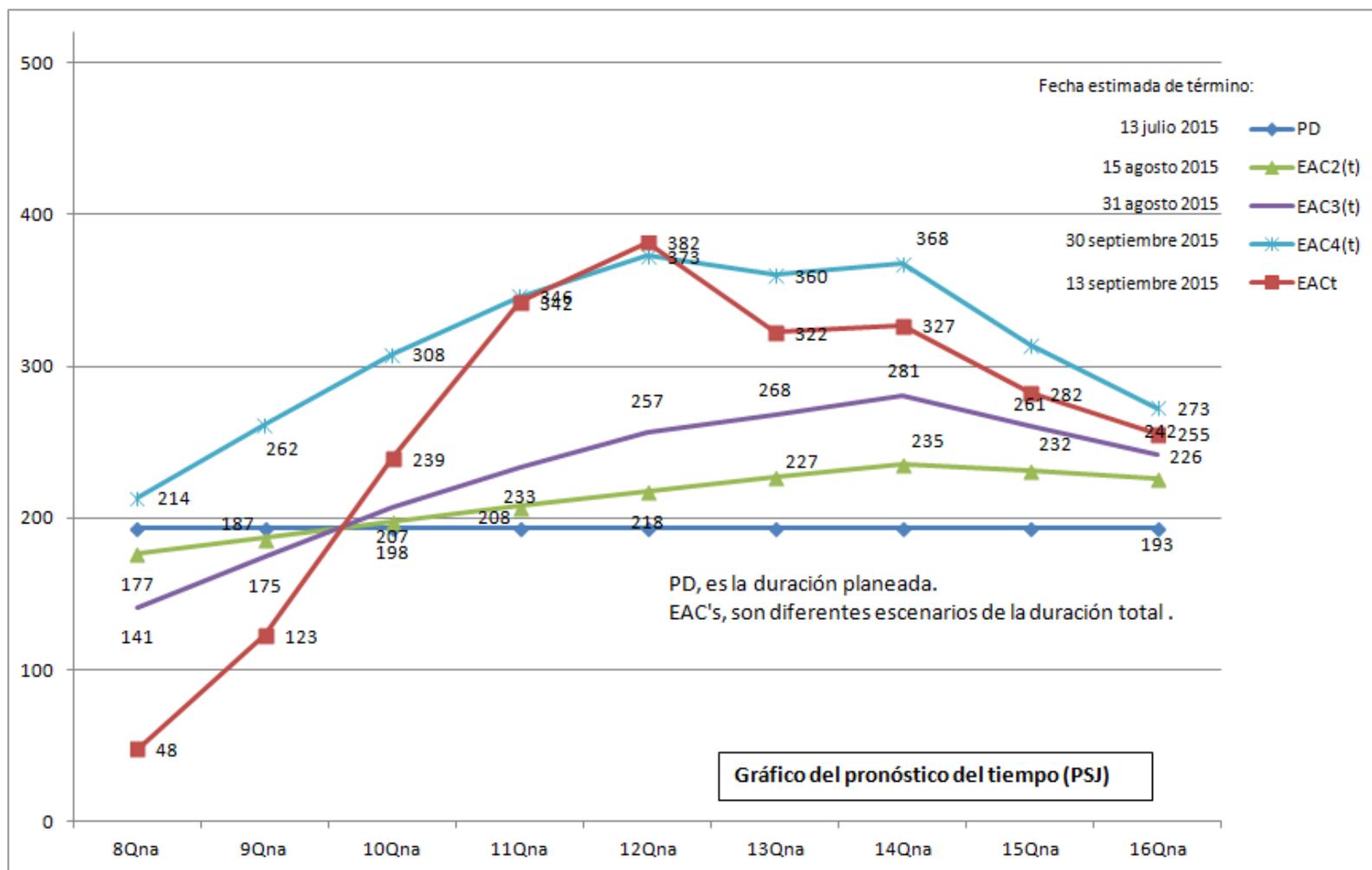
Pronósticos basados en unidades de tiempo conforme al método del Cronograma Ganado (ES)

EAC2(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado

EAC3(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t)

EAC4(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI

Figura EVM-06b. Gráfico de los pronósticos de la duración total del Frente PSJ. Fuente: Elaboración propia.



Escenarios del tiempo total del proyecto a la terminación:

Pronóstico basado en unidades monetarias conforme al método del Valor Ganado (EVM)

EACt, Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual (SPI)

Pronósticos basados en unidades de tiempo conforme al método del Cronograma Ganado (ES)

EAC2(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de cómo fue planeado

EAC3(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia actual SPI(t)

EAC4(t), Si el trabajo pendiente del proyecto seguirá la tendencia de una combinación de SPI(t) y CPI

3.4. Interpretación de las métricas obtenidas.

La **información tabular** (figuras EVM 01, EVM 01a y EVM 01b) muestran los indicadores del Método del Valor Ganado agrupados en tres secciones: las métricas del estatus global del proyecto/frente, las métricas del método del Valor Ganado (EVM) y las métricas del Cronograma Ganado (ES). Verticalmente los valores están distribuidos en quincenas.

En los primeros renglones están los datos de entrada: importes programados por periodo o Valor Planeado (PV), los importes por periodo del avance real con base en las estimaciones de cobro al cliente o Valor Ganado (EV) y los importes por periodo de lo que ha costado la producción del avance reportado (AC).

En la información tabular se podrá observar que la fecha de inicio según el contrato es el 27 de octubre del 2014 y el inicio real del proyecto fue el 01 de enero del 2015. La duración según el contrato es de 673 días naturales pero en la información tabular se indican 663 días naturales, esta diferencia se debe a un error en la formulación del programa de contrato y no la hemos considerado relevante para este caso de estudio.

Algunos indicadores del EVM contienen periodos con la leyenda “no determinado”, esto se debe a que el denominador de la ecuación es igual a cero y el cálculo no puede ser realizado. Este problema se presenta cuando el inicio programado del proyecto/frente no coincide con el inicio real, lo cual indica que conviene actualizar la línea base de desempeño haciendo coincidir el inicio programado y el real. En la gráfica EVM 06b se puede observar este inconveniente pues en el frente PSJ los pronósticos iniciales de la duración presentaron plazos difíciles de cumplir al oscilar en un rango de 48 a 141 días cuando la duración planeada es de 193 días.

La información tabular muestra indicadores que no están representados gráficamente, como por ejemplo, el pronóstico de la variación a la terminación (VAC%). Al nivel de proyecto dice que bajo el escenario en el que el costo siguiera la tendencia de las últimas tres quincenas, al terminar el proyecto su costo se incrementaría 36.4% con respecto al presupuesto de concurso.

Los índices de desempeño que se deberían alcanzar de aquí en adelante para la terminación dentro del costo planeado (TCPI) y dentro del tiempo planeado (TCPI(t)), deberían incrementarse a 1.06 y 1.27 respectivamente. Los índices actuales están en 0.76 y 0.49. Otra forma de interpretarlo es la cantidad de esfuerzo requerido para devolver el desempeño del proyecto desde el estado actual al plan, lo que implicará que la eficiencia en el uso de los recursos se incremente 1.4 veces ($1.06/0.76$) y la eficiencia en el uso del tiempo se incremente 2.59 veces ($1.27/0.49$).

La **curva “S”** mostrada en la **figura EVM 02**, con valores del **proyecto total**, nos alerta en el sentido de que el importe programado a la fecha de corte es de aproximadamente \$9.6 millones representando un **avance programado del 38.9%** mientras el **avance real es de \$3.8 millones (15.2%)** y los costos en que se ha incurrido para lograr ese avance son aproximadamente **\$1.2 millones** por arriba de los costos planeados en el presupuesto, representando una **pérdida monetaria real**.

El atraso en el programa de ejecución es del 60.9%, lo cual conforme a la cláusula vigésima del contrato, el proyecto debió haberse rescindido mucho tiempo atrás.

El inicio programado para el proyecto era el 27 de octubre del 2014 y realmente inició el 1º de enero del 2015.

Por lo anterior, el proyecto se encuentra con **atrasos importantes en el programa de ejecución** y presenta **costos por arriba de lo previsto**.

En costos, siguiendo la misma tendencia, sería de esperar que al final del proyecto la pérdida acumulada sea de aproximadamente \$9 millones. Esto implicaría tomar medidas inmediatas e incluso **analizar la posibilidad de solicitar al dueño del proyecto una terminación anticipada del contrato**.

En tiempo, el pronóstico de la fecha de terminación es el 19 junio del 2019 (si nos basamos en las métricas del EVM) y del 9 de julio del 2018 (si nos basamos en las métricas del ES), datos que debemos comparar con respecto a la fecha de terminación contractual del 29 de agosto del 2016. El Cronograma Ganado indica que el avance actual del proyecto representa 113.36 días, sin embargo, el tiempo transcurrido es de 230 días con respecto al inicio según contrato. En este sentido, **el atraso en días es de 117 días** aproximadamente.

En la misma gráfica mostramos con un rombo los hitos de terminación de dos frentes. El frente PTS debió estar concluido y el frente PSJ todavía tiene algunos días para ser completado. Cabe resaltar que el avance programado mostrado en la gráfica tiene una forma bastante “lineal”, sobre todo de noviembre del 2015 a agosto del 2016. Revisando a detalle el programa nos percatamos que, en función del tipo de trabajos a realizar, no está bien planteado y para la ejecución se deberá formular uno que sea realista.

La **curva “S”** mostrada en la **figura EVM 02a**, con valores del **frente PTS**, señala que el inicio programado era el 27 de octubre del 2014 y el inicio real fue el 16 de febrero del 2015.

En la fecha de corte de este reporte (13 de junio 2015) **el frente debía estar terminado**, sin embargo el **avance real** es de apenas un **21.3%** (atraso del 78.7%). Esto denota que **el frente inició después de lo programado y ha estado prácticamente detenido**. Las curvas muestran un claro estancamiento del frente, es decir, sin producción.

Los **costos** en que se ha incurrido para la ejecución del avance reportado también se encuentran **por arriba del presupuesto** representando una pérdida acumulada de \$244 mil en este frente.

La **curva “S”** mostrada en la **figura EVM 02b**, con valores del **frente PSJ**, indica que **inició antes de lo planeado** (inicio programado 10 de febrero 2015 contra el inicio real del 1º de enero del 2015).

No obstante lo anterior, el ritmo de producción no ha sido suficiente, contando con un **avance programado a la fecha de corte del 70.9% y un avance real del 53.6% (atraso del SV%=24.5%)**.

El atraso en el frente PSJ es importante aunque denota que la mayor parte de la inversión realizada por la empresa se ha concentrado en éste frente. Esto se pudo corroborar físicamente en la obra.

La ejecución se encontraba dentro del Valor Planeado durante las primeras 10 semanas y en las siguientes 13 semanas el atraso fue creciendo gradualmente, lo que podría haber dado la oportunidad de implementar acciones correctivas con suficiente anticipación.

El programa de ejecución muestra una ligera recuperación a partir de la 2ª quincena de mayo del 2015 que coincide con el inicio de acciones correctivas instruidas por el Director General de la empresa. Una de estas acciones correctivas consistió en el apoyo de dos arquitectos de campo con amplia experiencia en obra que fueron transferidos de otro proyecto para participar en este. También en este periodo inició nuestra participación como asesores externos.

Los costos se encuentran por arriba de lo presupuestado e incluso llama la atención que **la inversión** (representada a través de los costos, AC) **se encuentra por arriba del avance programado**, sin embargo, habría que plantearse porque no se ha reflejado esa inyección de recursos monetarios en el avance de obra.

Las curvas “S” de cada frente explican con buen detalle la situación del proyecto que al nivel global no se habrían podido detectar, según podemos concluir a partir de las observaciones planteadas anteriormente. Para identificar con mayor claridad los atrasos y costos valdría **revisar el siguiente nivel de detalle de la WBS** que corresponde a las partidas e inclusive al nivel de conceptos.

Por ejemplo, utilizando información tabular encontramos que los atrasos más importantes en **los frentes PTS y PSJ se encuentran en las partidas de Reintegraciones y Consolidaciones**.

Las gráficas de **variaciones de los costos (CV)** y **variaciones del tiempo (SV)**, figuras EVM 03, indican si el proyecto/frente se encuentra dentro de los costos planeados ($CV > 0$) y dentro del programa ($SV > 0$). En este caso de estudio el proyecto a nivel global y los dos frentes que se encuentran en proceso de ejecución tienen valores negativos y **continúan creciendo negativamente conforme avanza el proyecto**. La tendencia de la variación del costo a la terminación (VAC) tiende a disminuir aunque continúa siendo negativa. El valor VAC representa en nuestro caso la pérdida que el método EVM pronostica a la terminación.

En la gráfica EVM 03a correspondiente al frente PTS se muestra que la variación en tiempo (SV) tiene una tendencia de recuperación, aunque en realidad la fecha de entrega está vencida.

En la gráfica EVM 03b correspondiente al frente PSJ resaltan las quincenas 8 y 9 (febrero del 2015) en las que la variación en tiempo es positiva, denotando adelanto en el programa en esos periodos, ocasionado por el inicio anticipado de este frente.

Otra alternativa de representación gráfica, además de los diagramas de barras aquí presentados, podría consistir en una representación radial de las variaciones en dos series de datos: $CV\%$ vs $SV\%$ y $CV\%$ vs $SV(t)\%$. Esta representación es muy útil ya que además de presentar los pares de coordenadas CV y SV, al mismo tiempo se presenta la tendencia de estos valores en el tiempo pues cada par de coordenadas corresponde a un periodo de tiempo (quincena, mes, etc.) determinado.

Los **índices de desempeño**, en costos (CPI) y en tiempo (SPI) representan qué tan eficientemente se están utilizando los recursos (insumos materiales, mano de obra, herramienta y equipo, subcontratos) y la eficiencia en el uso del tiempo, respectivamente.

La representación radial de los índices de desempeño es muy interesante ya que combina SPI y CPI en coordenadas x-y. En cada una de las gráficas hemos incluido dos series de datos: SPI vs CPI (índice de desempeño del tiempo basado en unidades monetarias contra el índice de desempeño de costos), y la serie SPI(t) vs CPI (índice de desempeño del tiempo basado en unidades de tiempo, conforme al método del Cronograma Ganado, contra el índice de desempeño del costo).

Las figuras EVM 04, EVM 04a y EVM 04b muestran al nivel proyecto, frente PTS y frente PSJ respectivamente, valores inferiores a la unidad, indicativo de que **el uso de los recursos y del tiempo han sido deficientes**.

La tendencia en las tres gráficas es de recuperación aunque es difícil que pueda evitarse una pérdida en costo a la terminación.

Al nivel total del proyecto, a la fecha de corte, los índices dicen que por cada peso invertido en el proyecto solamente se están aprovechando 76 centavos ($CPI = 0.76$); y por cada jornada de ocho horas de trabajo solamente se están aprovechando en un rango entre 3.12 horas ($SPI \times 8 \text{ hr} = 0.39 \times 8$) y 3.92 horas ($SPI(t) \times 8 \text{ hr} = 0.49 \times 8$).

Las gráficas radiales muestran los índices en cuatro cuadrantes, en los que el proyecto y los frentes se encuentran actualmente en el cuadrante más desfavorable aunque con una tendencia de recuperación.

La representación lineal de los índices de desempeño se muestra en las figuras EVM 04-1, EVM 04a-1 y EVM 04b-1 para el nivel proyecto, frente PTS y frente PSJ, respectivamente.

Estas gráficas son útiles para conocer las tendencias a lo largo del periodo de ejecución del proyecto/frentes y verificar la validez de los indicadores SPI y SPI(t).

Los valores son menores a la unidad, por lo que de igual manera que en las gráficas radiales observamos que los índices de desempeño denotan costos por arriba de lo presupuestado y atraso con respecto al programa planeado. La tendencia más bien es estable con una ligera recuperación hacia la fecha actual del reporte.

La teoría dice que el índice SPI deja de ser útil en la última tercera parte del proyecto pues tiende a tomar el valor de la unidad cuando se acerca a la terminación aún cuando el proyecto termine con retraso. Las tres gráficas muestran un comportamiento muy paralelo entre el SPI y SPI(t) ya que el avance actual del proyecto y frentes todavía están dentro de las primeras dos terceras partes del importe ejercido del proyecto.

Particularmente la gráfica del frente PSJ muestra que hasta la segunda quincena de febrero la ejecución estaba dentro del programa ($SPI > 1$ y $SPI(t) > 1$), pues sabemos que este frente inició antes de lo programado.

Las figuras EVM 05, EVM 05a y EVM 05b son gráficas del **pronóstico de los costos** y muestran la tendencia del costo conforme avanza el proyecto. Esto significa que conforme avanza el proyecto se cuenta con mayor información del comportamiento pasado y los pronósticos de costos tienden a converger hacia rangos más estrechos en la fecha actual del reporte.

BAC corresponde al presupuesto planeado para la ejecución total del proyecto/frentes y contra éste valor se comparan los estimados a la terminación (EAC) bajo diferentes escenarios.

El valor BAC es el límite máximo. Si los costos presentaran valores muy cercanos al BAC, significaría en nuestro caso de aplicación que no habría utilidad, pues los importes están a precio unitario. Los valores por arriba del BAC representan pérdida monetaria (este es el estatus actual del proyecto).

La literatura en el tema señala que el escenario 4 (EAC4), supuesto en el que el comportamiento futuro del proyecto/frente seguirá una tendencia influida por un 80% del índice de desempeño del costo y un 20% del índice de desempeño del tiempo, ha dado excelentes resultados en proyectos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Sin embargo, en este caso de aplicación hemos encontrado que los escenarios EAC1 y EAC2 podrían ser bastante confiables ya que son pronósticos “promedio”, no tan optimistas, no tan conservadores.

El EAC4 es el más desfavorable en nuestro caso ya que la influencia de un atraso muy grande, combinado con costos por arriba del presupuesto, afecta considerablemente a este indicador.

El escenario EAC3 es el que hemos encontrado con mayor difusión en la literatura en el idioma inglés, sin embargo, **todos estos escenarios posibles deberán ser analizados por el administrador de proyectos y evaluados con base en su experiencia.**

Los resultados obtenidos con estas métricas en nuestro caso de aplicación nos deberían conducir a considerar la alternativa de “no seguir perdiendo” y solicitar al dueño del proyecto la terminación anticipada del contrato.

Las figuras EVM 06, EVM 06a y EVM 06b son las gráficas del **pronóstico del tiempo** de ejecución y muestran la tendencia de la duración total conforme avanza el proyecto. De la misma manera que en los pronósticos de costos, en la medida en la que los indicadores del EVM y del ES cuentan con mayores datos históricos, las duraciones totales pronosticadas del proyecto/frentes convergen hacia un rango de valores más estrecho.

El valor PD (Duración Planeada) es el límite máximo que debiéramos considerar en el seguimiento del proyecto, aunque de la misma manera que con los costos, en este caso de estudio se encuentra ampliamente rebasado.

Adicionalmente, éstas gráficas nos permiten comparar la estabilidad de los pronósticos del tiempo basados en unidades monetarias (EACt) con otros escenarios posibles basados en unidades de tiempo (EAC(t)). En este caso EACt presenta valores muy estables con respecto a los escenarios EAC(t).

El escenario EAC3(t) es de uso bastante típico encontrándose incluso en diversos textos difundidos en nuestro país (ver Uriegas, 2003 y Chamoun, 2002). El valor de EAC3(t) ha mostrado particularmente ser el más factible pues conduce a una fecha probable de terminación al 31 de agosto del 2015 del frente PSJ. Este valor ha sido corroborado físicamente en campo y según el último compromiso contraído con la Supervisión Externa ésta será la fecha de entrega del frente.

Cabe mencionar que la empresa constructora, a través de información proporcionada por la Supervisión Externa, lleva otros valores diferentes a los aquí reportados ya que consideran reprogramaciones que relajan un poco el problema, aunque no lo resuelven, y que no están autorizadas formalmente.

Los resultados obtenidos mediante el EVM y que se han descrito en esta sección eran desconocidos por el dueño de la PyMe constructora y por su equipo de trabajo en campo. Básicamente era conocido que el proyecto se encontraba con atraso pero **el EVM aportó la consideración adicional de una posible pérdida en dinero.**

Los indicadores del EVM aportan información cuantitativa acerca del estatus del proyecto y sugieren algunos temas en los que se deberá trabajar para tratar de devolver el proyecto a la Línea Base de Desempeño Planeada.

3.5. Análisis de la problemática y acciones sugeridas al propietario de la pequeña empresa constructora.

Conocer el estatus del proyecto no es suficiente, es necesario hacer un análisis detallado de la problemática, plantear alternativas de solución y emprender acciones, por lo que exponemos en este apartado la forma en la que se abordó el problema y las acciones correctivas sugeridas. La puesta en práctica de las sugerencias quedó en manos del propietario de la pequeña empresa constructora y al momento de la elaboración de esta tesina no contamos con la retroalimentación de si las acciones fueron implementadas y cuáles fueron los resultados.

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA EN COSTO Y TIEMPO.

Así, hasta este momento contamos con la siguiente información:

- La problemática percibida por el propietario de la empresa constructora y su equipo de trabajo en campo.
- La problemática identificada a partir de la aplicación de las métricas del EVM y ES.
- Información financiera del proyecto proporcionada por la Gerencia de Construcción (oficina central de la empresa constructora) y otras herramientas/técnicas de seguimiento y control utilizadas por la asesoría externa (nosotros).

Los problemas identificados por el propietario de la empresa constructora son los siguientes:

- A.** Capacidad de inversión de la empresa constructora.
- B.** Capacidad de la empresa constructora para otorgar garantías.
- C.** Flujo de efectivo. Poca revolvencia entre los ingresos y egresos.
- D.** Incremento en el costo de algunos insumos para la ejecución del proyecto.
- E.** Posibles sanciones por incumplimiento en el plazo de ejecución del proyecto.

- F. Solicitud de soluciones de proyecto pendientes (RFI's).
- G. Analizar con detalle porqué la inversión realizada por la empresa ejecutora no se ha reflejado en el cobro de estimaciones.

Las métricas del EVM sugirieron atender los siguientes aspectos:

1. Al nivel global del proyecto.
 - 1a. Posible incremento de la duración total del proyecto de 2 veces.
 - 1b. Pérdida económica acumulada a la fecha de corte de \$1.2 millones.
 - 1c. Bajos niveles de producción con respecto a lo planeado.
2. Al nivel del Frente PTS.
 - 2a. Programa de ejecución vencido. Prácticamente una producción nula.
 - 2b. Costos por arriba del presupuesto.
 - 2c. Ineficiencia en el uso de los recursos y del tiempo.
3. Al nivel del Frente PSJ.
 - 3a. Costos por arriba del presupuesto.
 - 3b. Plazo de ejecución por vencerse el día 21 de agosto del 2015.
 - 3c. Ineficiencia en el uso de los recursos y del tiempo.

La Gerencia de Construcción de la empresa nos proporcionó la información financiera que se muestra en la siguiente gráfica así como la distribución de los egresos (inversión) en el proyecto.

Los importes incluyen el Impuesto al Valor Agregado y será descontado para hacerlo comparable a nuestro caso práctico. Los datos son al 17 de Julio del 2015, aproximadamente un mes adicional, pero solamente se toman datos hasta la fecha de corte de nuestro caso práctico. El importe de los ingresos, el importe de los egresos y su distribución por rubro de gasto incluyen anticipos y también serán descontados en nuestro análisis.

El análisis del flujo de efectivo (Formato 16, información financiera) proporciona la siguiente información:

- I. El **anticipo** recibido por la empresa constructora al inicio de los trabajos fue del **7%** en el mes de **diciembre del 2014**. Según el contrato, el anticipo debió ser del 30% y puesto a disposición de la empresa constructora en la última quincena de octubre del 2014 o 1ª quincena de noviembre.
- II. El anticipo se manejó administrativamente como una pre-estimación ante la imposibilidad de la empresa constructora de otorgar **garantías** (fianzas) y fue cobrado en diciembre del 2014.
- III. La empresa **no recibió ingresos por estimaciones** durante los primeros cuatro meses del periodo de ejecución real (enero a abril del 2015).
- IV. El importe de las **estimaciones efectivamente cobradas** es de \$2'925,455 con respecto a un importe de obra ejecutada y autorizada en estimaciones (EV) de \$3'767,890, representando un **déficit del 22%**.
- V. El **plazo para el pago de las estimaciones** una vez autorizadas por la Supervisión Externa se ha reducido de 4 semanas a 2 semanas aproximadamente, mediante gestiones de la empresa constructora con la Supervisión Externa y el dueño del proyecto.

Gráfica: Control de Ingresos y Egresos (Flujo de efectivo). (Fuente: Gerencia de Construcción de la empresa ejecutora del proyecto)

Control de Ingresos y Egresos

17-jul-15

MONTOS INCLUYEN IVA

ANTICIPOS

NMP

OBRA FASE II (PARCIAL: PSJ, PTS Y RMB)

| | dic-14 | ene-15 | feb-15 | mar-15 | abr-15 | may-15 | jun-15 | jul-15 | ago-15 | sep-15 | oct-15 | nov-15 | | |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-------|
| Proyectado | | | | | | | | | | | | | | |
| PARCIAL BIVA | | \$125,978.71 | \$1,009,929.96 | \$1,172,775.55 | \$1,027,406.58 | \$1,597,846.81 | \$1,990,383.51 | \$1,650,866.47 | \$863,133.63 | \$1,156,168.85 | \$1,241,418.90 | \$69,213.56 | | |
| PARCIAL CIVIA | | \$146,135.30 | \$1,171,518.75 | \$1,360,419.64 | \$1,191,793.95 | \$1,853,502.30 | \$2,308,844.87 | \$1,915,005.11 | \$1,001,235.01 | \$1,341,155.87 | \$1,440,045.92 | \$80,287.73 | | |
| ACUMULADO | | \$146,135.30 | \$1,317,654.06 | \$2,678,073.70 | \$3,869,867.65 | \$5,723,369.95 | \$8,032,214.82 | \$9,947,219.92 | \$10,348,454.94 | \$12,289,610.80 | \$13,729,656.73 | \$13,809,344.45 | | |
| Ingresos | | | | | | | | | | | | | | |
| Saldo anterior | | \$1,350,000.00 | \$605,068.42 | -\$390,665.08 | -\$2,183,441.31 | -\$3,801,941.54 | -\$3,908,722.62 | -\$3,462,709.79 | | | | | | |
| Cobros | \$2,000,000.00 | | | | | \$1,519,238.60 | \$1,874,289.70 | \$265,134.47 | | | | \$5,658,662.77 | 56.7% | |
| Nuevo saldo | \$2,000,000.00 | \$1,350,000.00 | \$605,068.42 | -\$390,665.08 | -\$2,183,441.31 | -\$2,282,702.94 | -\$2,034,432.92 | -\$3,197,575.32 | | | | | | |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Técnicos de campo | | \$170,000.00 | \$170,000.00 | \$170,000.00 | \$170,000.00 | \$170,434.57 | \$162,004.99 | \$80,954.32 | | | | \$1,093,393.88 | 11.0% | |
| 2 Oficina central | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Cantería | \$150,000.00 | | \$450,042.21 | \$667,661.05 | \$639,084.16 | \$633,496.87 | \$510,911.16 | \$364,441.34 | | | | \$3,415,636.79 | 34.2% | |
| 4 Albañilería | | \$106,144.00 | \$190,931.66 | \$282,303.62 | \$188,697.12 | \$204,624.10 | \$164,333.84 | \$185,797.82 | | | | \$1,322,832.16 | 13.3% | |
| 5 Restauro | | | | \$75,400.00 | \$98,554.04 | \$152,750.00 | \$113,682.93 | \$71,900.33 | | | | \$512,287.30 | 5.1% | |
| 6 Herrería (Mario Resendiz) | \$200,000.00 | | | | | | | \$92,800.00 | | | | \$292,800.00 | 2.9% | |
| 7 Herrería (Jaime Pérez) | | \$17,886.04 | \$13,840.00 | \$10,765.00 | \$57,665.69 | \$21,600.00 | \$35,065.64 | \$40,757.76 | | | | \$197,580.13 | 2.0% | |
| 8 Vidriería (Francisco Amador) | | \$5,220.00 | | \$4,408.00 | | | | | | | | \$9,628.00 | 0.1% | |
| 9 Impermeabilización | | | | \$8,750.00 | | | | | | | | \$8,750.00 | 0.1% | |
| 10 Topografía | | | | | | \$10,720.00 | \$7,245.34 | | | | | \$17,965.34 | 0.2% | |
| 11 Brigadistas | | | \$9,900.00 | \$16,500.00 | \$13,200.00 | \$10,099.85 | \$19,269.82 | \$16,522.35 | | | | \$85,492.02 | 0.9% | |
| 12 Andamiaje convencional | | | | \$104,110.00 | \$58,487.20 | \$29,243.60 | | | | | | \$191,840.80 | 1.9% | |
| 13 Andamiaje reforzado | | \$226,548.00 | | \$153,468.00 | \$67,819.21 | \$135,638.42 | | | | | | \$583,473.63 | 5.8% | |
| 14 Madera | | \$200,000.00 | | \$55,658.67 | \$37,288.85 | | | | | | | \$292,947.52 | 2.9% | |
| 15 Cal (mortero) | \$300,000.00 | | | | | | | | | | | \$300,000.00 | 3.0% | |
| 16 Seguridad social | | | \$84,229.15 | \$194,347.80 | \$113,074.42 | \$227,532.27 | \$130,875.93 | | | | | \$750,059.57 | 7.5% | |
| 17 Fianzas | | | | | \$132,063.34 | | | | | | | \$132,063.34 | 1.3% | |
| 18 CTM | | | | | \$10,000.00 | | | | | | | \$10,000.00 | 0.1% | |
| 19 Vigilancia (bodega) | | | \$11,120.34 | \$13,715.09 | | | | | | | | \$24,835.43 | 0.2% | |
| 20 Caja chica | | | \$40,000.00 | \$20,000.00 | \$16,999.00 | \$4,999.00 | \$7,999.00 | \$4,999.00 | | | | \$94,996.00 | 1.0% | |
| 21 Chalecos | | \$19,133.54 | \$23,756.14 | | | | | | | | | \$42,889.68 | 0.4% | |
| 22 Equipo y consumibles | | | \$1,914.00 | \$15,689.00 | \$15,567.20 | \$6,499.00 | \$4,988.40 | | | | | \$44,657.60 | 0.4% | |
| 23 Gastos legales | | | | | | \$18,382.00 | \$17,632.00 | | | | | \$36,014.00 | 0.4% | |
| 24 Mármol y granito | | | | | | | \$201,977.34 | \$204,382.72 | | | | \$406,360.06 | 4.1% | |
| 25 Colocación de pisos y suministro de recinto | | | | | | | \$52,290.48 | | | | | \$52,290.48 | 0.5% | |
| 26 Carpintería (Miguel Hernández) | | | | | | | | \$18,846.02 | | | | \$18,846.02 | 0.2% | |
| 27 Concreto (Holcim) | | | | | | | | \$36,676.00 | | | | \$36,676.00 | 0.4% | |
| PARCIAL | \$650,000.00 | \$744,931.58 | \$995,733.50 | \$1,792,776.23 | \$1,618,500.23 | \$1,626,019.68 | \$1,428,276.87 | \$1,118,077.66 | | | | \$9,974,315.75 | 100.0% | |
| ACUMULADO | \$650,000.00 | \$1,394,931.58 | \$2,390,665.08 | \$4,183,441.31 | \$5,801,941.54 | \$7,427,961.22 | \$8,856,238.09 | \$9,974,315.75 | | | | | | |
| SUMA DE SUBCONTRACTOS (3, 4, 5, 6, 7, 25 y 26): | | | | | | | | | | | | | \$5,812,272.88 | 58.3% |
| Haberes | | | | | | | | | | | | | | |
| SALDO | \$1,350,000.00 | \$605,068.42 | -\$390,665.08 | -\$2,183,441.31 | -\$3,801,941.54 | -\$3,908,722.62 | -\$3,462,709.79 | -\$4,315,652.98 | | | | | | |

Gráfica: **Distribución de los Egresos por rubro (inversión).** (Fuente: Gerencia de Construcción de la empresa ejecutora del proyecto)

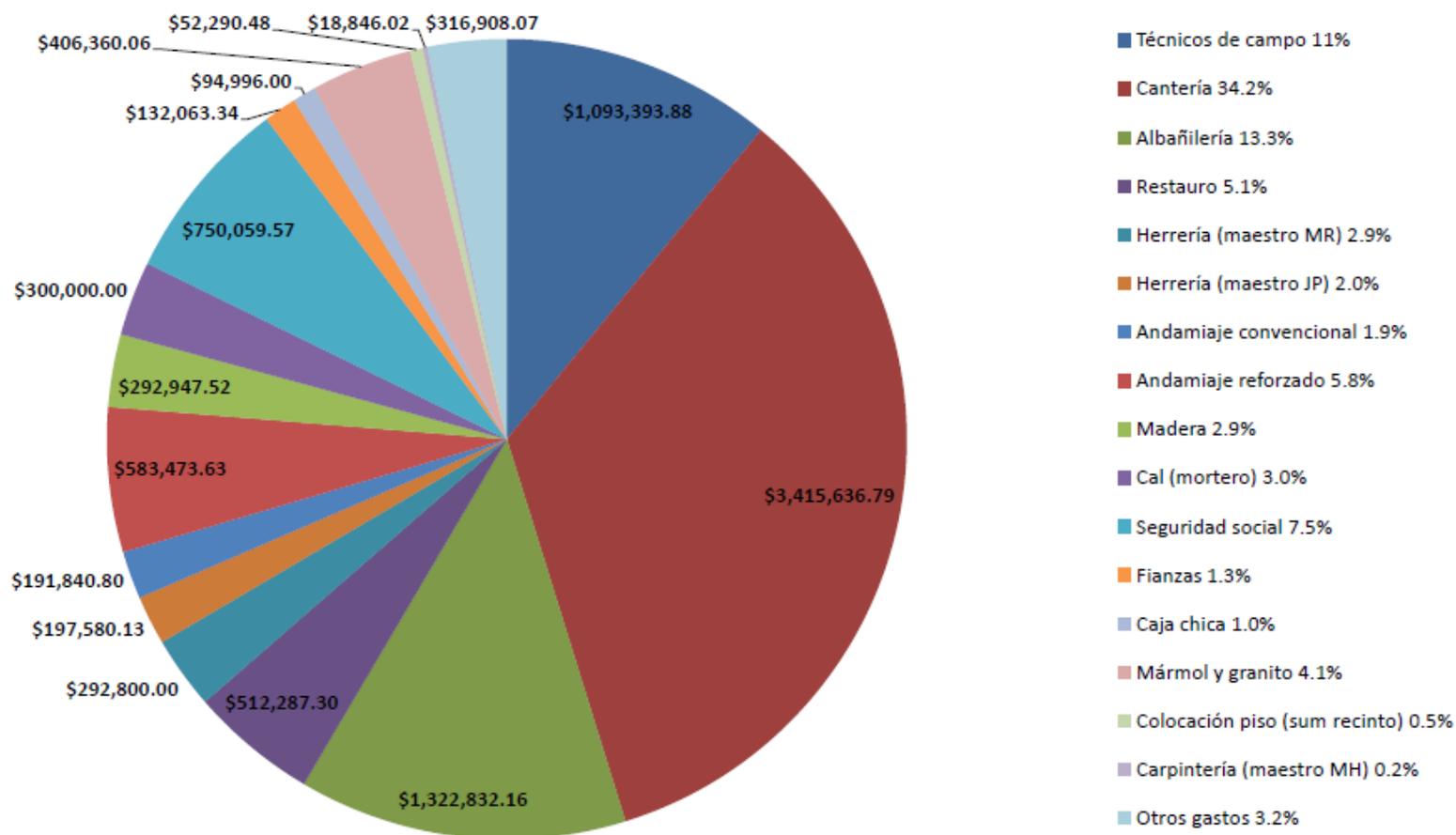
Gráfico 4 del Control de Ingresos y Egresos -REV.1-

17-jul-15

— MONTOS INCLUYEN IVA

NMP

OBRA FASE II (PARCIAL: PSJ, PTS Y RMB)



Distribución de los Egresos por rubro

Se incorporaron a la lista dos subcontratos más: la Colocación de Piso -que se había incluido anteriormente en "Otros Gastos"- y la Carpintería -de reciente contratación-.

El análisis de la distribución de los egresos presenta la siguiente problemática:

- VI.** El importe de los egresos, descontando anticipos, es de \$6'146,487, con respecto a la obra ejecutada y autorizada en estimaciones (EV) de \$3'767,890. Representa un déficit del 39%. Estos números sugieren que existe un **importe considerable de obra ejecutada que no se ha documentado en estimaciones**. No haber documentado estimaciones puede tener varias causas:
- a. Dificultades para formular y conciliar los números generadores y estimaciones.
 - b. Dificultades para formular y conciliar precios unitarios extraordinarios que han resultado de modificaciones en el alcance del proyecto.
 - c. Las autorizaciones de las estimaciones, conceptos excedentes del catálogo y conceptos extraordinarios se atienden con demora.
 - d. El proyecto está costando más de lo planeado.
- VII.** El 72% de los egresos se localizan en cinco rubros:
- a. Subcontratista de **cantería**. Las cantidades de obra autorizadas en estimaciones de cobro a precios autorizados al subcontratista importan \$1'896,316 vs. \$2'815,204 efectivamente pagados al subcontratista (sin anticipos y sin IVA). La diferencia es de **\$918,888** que representa **3.7% del contrato** y 48.5% del avance subcontratado. Esto puede significar:
 - i. **Obra ejecutada no cobrada.**
 - ii. **Pagos en exceso al subcontratista no justificables.**
 - b. Subcontratista de **albañilería**. Las cantidades de obra autorizadas en estimaciones de cobro a precios autorizados al subcontratista importan \$634,644 vs. \$1'140,373 efectivamente pagados al subcontratista (sin anticipos y sin IVA). La diferencia es de **\$505,729** que representa **2.04% del contrato** y 79.7% del avance subcontratado. Esto puede significar:
 - i. **Obra ejecutada no cobrada.**
 - ii. **Pagos en exceso al subcontratista no justificables.**
 - c. Honorarios del **personal de campo**. El importe pagado por este concepto a la fecha de corte es de \$800,653, con respecto al costo directo de la obra autorizada en estimaciones de \$3,061,334, **representa un 26.2% del costo directo**. Los honorarios planeados solo representaban el 9.71% del costo directo de la obra. El incremento del costo del personal de campo podría ser causado por:
 - i. **Poca obra ejecutada con respecto al tamaño de la plantilla de campo.**
 - ii. **El plazo de ejecución se haya extendido sin aumentar el importe de obra.**
 - d. **Seguridad Social** de los trabajadores. El importe pagado de este concepto hasta la fecha de corte es de \$680,259, con respecto al costo directo de la obra autorizada en estimaciones de \$3,061,334, **representa un 52% del costo de la mano de obra**. Este importe es extremadamente alto. Por otra parte, si el importe de pagos a proveedores y subcontratistas, descontando anticipos, representara el costo directo de la obra ejecutada a la que se tiene derecho a cobro (autorizado en estimaciones y por documentar), tendría un importe de \$4'166,055, del cual la seguridad social **representaría 30% del costo de la mano de obra**. Este importe continúa siendo alto.
 - e. El proveedor del **andamiaje estructural**. El importe por este concepto es de \$502,995, el cual representa un **2.2% del contrato**. Este concepto es extraordinario y no se ha generado para cobro.

Las herramientas adicionales de seguimiento y control propuestas por la asesoría externa (nosotros), consistieron en el uso del formato 8 y formato 9:

El **Formato 8**, es un **presupuesto proforma** por conceptos por medio del cual daremos seguimiento a los costos tope (aquellos disponibles para pago) desglosados en materiales, mano de obra con prestaciones sociales, mano de obra sin prestaciones sociales y herramienta y equipo. Este desglose permitirá la versatilidad de determinar los precios disponibles para pago a los destajistas (únicamente mano de obra), los precios disponibles para pago a los subcontratistas (material y mano de obra) y la opción de que el subcontratista se haga cargo del pago de las cuotas de seguridad social o que la empresa cubra dichas cuotas.

El formato 8 podría incluir un registro semanal de las cantidades autorizadas para pago a los subcontratistas y destajistas realizando un acumulado de dichas cantidades.

La problemática que identificamos mediante el presupuesto proforma consistió en:

- VIII. Los precios autorizados para pago a los subcontratistas exceden los costos tope.**
Los precios para pago a los subcontratistas de cantería y albañilería son prácticamente iguales al costo directo de cobro de la empresa. Esto significa que una parte de la pérdida en costo detectada por el EVM se encuentra en el importe de las cuotas de seguridad social.
- IX. Precios no autorizados para pago a los subcontratistas.** No hay un mecanismo dentro de la empresa para la autorización de los precios no contenidos en el subcontrato inicial (nuevas actividades que se van adicionando durante la ejecución). Los precios se fijan discrecionalmente por el personal de campo sin pasar por la autorización en la oficina central.
- X. No se identifican (codifican) los conceptos de pago a los subcontratistas con respecto a los conceptos de cobro.** Esto implica las siguientes posibilidades:
 - a. Omitir el cobro de conceptos extraordinarios ejecutados por los subcontratistas.
 - b. Se realicen pagos en exceso a los subcontratistas y que no se puedan compulsar contra las estimaciones de cobro.
- XI. No se registran semanalmente las cantidades de obra pagadas a los subcontratistas.** Esto ocasiona **falta de datos para conocer el avance físico con mayor oportunidad.**

El **Formato 9** consiste en determinar la obra ejecutada pendiente de cobro. Esto se puede conseguir haciendo una compulsión entre las cantidades pagadas a los subcontratistas contra las cantidades cobradas en estimaciones.

El listado de conceptos con cantidades pagadas mayores a las cantidades cobradas servirá como una guía para dirigir los esfuerzos del personal encargado de la cuantificación de la obra y documentar los conceptos ejecutados en estimaciones de cobro.

La realización de este análisis permitió determinar:

- XII. Obra ejecutada no documentada en estimaciones** con un importe de \$1'359,690 que representa 5.5% del importe del contrato.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Resultado del análisis de la problemática del proyecto, hasta este momento, podríamos concluir que los problemas relacionados con el costo recaen básicamente en los siguientes tres aspectos:

- El costo de la plantilla de campo (costos indirectos) es muy elevado con respecto al importe de la obra ejecutada, posiblemente influenciado por plazos muy extensos de construcción. Este costo se considera como pérdida para la empresa constructora pero en función de los conceptos extraordinarios que están en proceso de conciliación y que hasta este momento no se han podido cuantificar y considerar como avance, este costo se podría amortizarse parcialmente, no constituyendo del todo una pérdida irrecuperable.
- Las cuotas de seguridad social están presupuestadas dentro del costo directo del proyecto, sin embargo, debido a que los precios de los subcontratos igualan prácticamente el costo directo, no hay reserva presupuestal para el pago de dichas cuotas, lo que sí constituye una pérdida irrecuperable para la empresa constructora.
- Pagos realizados a los subcontratistas y que no son cobrables por la empresa constructora (pagos por trabajos no identificados para cobro). La falta de controles administrativos ha originado este problema. No ha sido posible cuantificarlos ya que teóricamente la brecha entre la inversión y la obra realmente ejecutada se acortará en la medida en que se concilien los presupuestos extraordinarios. Es algo aventurado asegurarlo pero en caso de que se presenten, los pagos en exceso constituirán una pérdida irrecuperable para la empresa constructora.

Los problemas relacionados con el tiempo, recaen en el relajamiento con el que la Supervisión Interna ha planeado la apertura de los frentes o etapas de trabajo, al parecer, no cuentan con un plan maestro bien definido para la coordinación de las etapas y de los diferentes contratistas. De la misma manera que no se han definido estos hitos o cambian con facilidad, el plazo de ejecución se ha extendido y las fechas programadas de inicio no se han cumplido. En este sentido, el tema de la inversión realizada por la empresa constructora no ha sido causa del incumplimiento del programa.

En el marco conceptual de esta tesina, en los apartados *Seguimiento y Control de Proyectos mediante el PMBOK* y la *Extensión para Proyectos de Construcción*, señalamos las áreas de conocimiento en función de las cuales se podrán estructurar las posibles alternativas de solución a la problemática planteada.

A continuación enlistamos las sugerencias que resultan del análisis de dicha problemática en dos sentidos, en cuanto a los factores para la implementación del EVM en la empresa PyMe constructora y en cuanto a las acciones para mejorar el resultado del proyecto, relacionándolos con los problemas que se han identificado y que pretendemos resolver.

| Área de conocimiento. Alternativas. | Problema | Comentarios. Beneficios esperados. |
|--|----------|---------------------------------------|
|--|----------|---------------------------------------|

4.3. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto.

| | | |
|--|--------------|---|
| Analizar las actividades pendientes de los frentes PTS y PSJ identificando posibles interferencias con otros contratistas. | 2c, 3c, VI d | El enfoque a seguir consistirá en llevar a cabo las acciones que resulten necesarias en beneficio del proyecto. Revisar continuamente los procedimientos constructivos para evitar trabajos innecesarios que consumen tiempo y recursos. |
| Coordinar los trabajos para la entrega del frente PSJ. | 3b | La fecha de entrega de este frente está próxima a vencerse. |

4.4 Monitorear y controlar el trabajo.

| | | |
|--|-------|---|
| Formular estimaciones de pago a subcontratistas y el concentrado de esas estimaciones de pago. | X, XI | Codificar conceptos. Identificar los conceptos de pago vs cobro. Permitirá obtener datos del avance real oportunamente. |
| Seguimiento del "techo financiero" del proyecto señalando la obra normal, excedente, cancelados y extraordinaria esperados a la terminación. | | Permitirá disminuir la incertidumbre del importe total del proyecto posibilitando la aprobación del pago de excedentes y extraordinarios que por ahora se encuentran detenidos. |

5.5 Validar el alcance.

| | | |
|---|---------------|---|
| Elaboración y conciliación de generadores de la obra ejecutada (catálogo, excedentes y extraordinarios) pendiente de cobro en los frentes en ejecución PTS y PSJ. | VIa, VIc, XII | Acelerar este proceso interno, particularmente de los andamios estructurales. Esta acción permitirá mejorar el flujo de efectivo de la empresa constructora. |
|---|---------------|---|

6. Cronograma.

| | | |
|--|-----------|---|
| Realizar un programa de ejecución realista por el método CPM, del frente PTS y de los frentes que no han iniciado. | 1b | Compactando el programa de ejecución, con la misma plantilla de personal de campo, conseguir mayor producción por periodo, reduciendo los costos indirectos. Verificar las restricciones impuestas por el dueño del proyecto en cuanto a la apertura simultánea de nuevos frentes. |
| Elaborar programas de ejecución de los frentes PTS y PSJ en función de la obra pendiente de ejecutar y de las fechas de entrega negociadas con el cliente. | E, 2a, 3b | Implica cuantificar la obra pendiente de ejecutar real. Este programa es un rompimiento del plan original como última opción para cumplir con las fechas de entrega. Revisar la factibilidad del plazo de ejecución en función de las actividades involucradas y sus características. Este programa permitirá informar al dueño de la empresa las necesidades de inversión para la terminación. |

7. Costos.

| | | |
|---|-------------------|--|
| Hacer una revisión detallada de los precios unitarios del concurso en cuanto a consumos de materiales y rendimientos de mano de obra. | D, 1b, VIId, VIII | Los insumos y los análisis que integran el presupuesto los consideramos factibles pero se podría considerar la actualización de algunos insumos. El problema de los costos por arriba de lo planeado no radica en errores del presupuesto del concurso. |
|---|-------------------|--|

8. Gestión de la calidad.

| | | |
|--|--|--|
| Continuar con los esquemas actuales de verificación de la calidad. | | Este aspecto es una fortaleza de la empresa constructora. Para la obra pendiente de ejecutar evitar los posibles re-trabajos. |
|--|--|--|

9. El equipo del proyecto.

| | | |
|--|--|--|
| La formación de IPT's, equipos colaborativos de trabajo, para mejorar la comunicación entre la oficina central y la oficina de campo y encaminar los esfuerzos del equipo de trabajo en beneficio del proyecto. <ul style="list-style-type: none">- Aclarar roles y responsabilidades- Mejorar la interacción del equipo- Generar una retroalimentación constructiva- Establecer objetivos específicos- Mejorar la gestión de conflictos | | Favorecer el trabajo en equipo. Permitirá una mejora sustancial al desempeño del proyecto. |
| Capacitar al equipo del proyecto en el uso de sistemas de administración de proyectos como el EVM. | | Mejorar las competencias del equipo del proyecto y los resultados de desempeño del proyecto. |

10. Comunicaciones.

| | | |
|--|---|--|
| Solicitud y seguimiento de las soluciones de diseño pendientes (RFI's), en el frente PTS. | F | Las soluciones pendientes de definir han detenido algunos trabajos estructurales en una ménsula de madera y reforzamiento de basas y fustes en columnas de cantera. |
| Informar a la Supervisión Externa que solamente se atenderán las instrucciones asentadas por escrito en algún medio de comunicación oficial. (bitácora, oficios, minutas). | | Se han presentado comunicaciones verbales que no han quedado por escrito y que impiden documentar atrasos imputables a la Supervisión Externa por errores de coordinación. |

11. Gestión de los Riesgos.

| | | |
|--|--|--|
| Analizar la posibilidad de solicitar una terminación anticipada del contrato. | | Esta opción es poco factible ya que se considera una acción en detrimento del prestigio de la empresa constructora. |
| Analizar la posibilidad de hacer modificaciones a las cláusulas del contrato que consideramos inequitativas. | | Esta alternativa fue desechada por el dueño del proyecto bajo el argumento de que todas las empresas contratistas trabajan bajo el mismo modelo de contrato. |

| | | |
|---|----------|---|
| Fraccionar el contrato para las etapas 2 y 3. | B, I, II | Es una alternativa actualmente en revisión por el cliente. Esto permitirá reducir el monto de las garantías y recibir anticipos que darán liquidez a la empresa constructora. |
| Realizar un análisis de riesgos para la terminación en costo y tiempo del proyecto. | 1a | Hacer este análisis como un proceso de planeación previo al inicio de las etapas 2 y 3 del proyecto. |

12. Adquisiciones.

| | | |
|---|--------------------------------|--|
| Formular presupuestos para los subcontratistas codificando conceptos de pago y cobro. | VIII, X, XI | Facilitará identificar los conceptos pendientes de cobro y el control de los subcontratistas. |
| Elaborar estados de cuenta de proveedores y subcontratistas. | Xb, XI | Facilitará la coordinación entre la oficina central y la oficina de campo para la administración de los subcontratos. |
| Revisar los precios que actualmente se pagan a los subcontratistas. | 1b, VIId, VIII | Los precios de cobro al cliente son razonables pero los precios de pago a subcontratistas son altos en la mayoría de los casos. |
| Conservar los precios de pago vigentes en el frente PSJ. | VIII | Este es el frente más adelantado y no será factible disminuir los precios de pago de trabajos en proceso. |
| Ajustar los precios de los trabajos pendientes en el frente PTS. | 1b, 2b, VIIa, VIIb, VIId, VIII | Esto podría conducir a sustituir subcontratistas. |
| Ajustar los precios de pago a los subcontratistas que participarán en la etapa 2 y 3. | VIId, VIId, VIII | Esta acción es indispensable, pues no ajustar los precios de pago de las etapas siguientes complicará la terminación en costo del proyecto. |
| Elaborar requisiciones de materiales con anticipación. | | Servirá para contar con los suministros en tiempo. Se deberá formular en función del cronograma autorizado para la obra pendiente de ejecutar. Servirá al Director General de la constructora para gestionar los recursos económicos necesarios. |

13. Participación de los interesados.

| | | |
|---|--|--|
| Comunicar al cliente el estatus actual del proyecto y las acciones correctivas que serán implementadas. | | La situación actual del proyecto ha dado lugar a múltiples reuniones con el cliente a quien se ha manifestado la disposición de la constructora a corregir las deficiencias en el desempeño, sin embargo, conviene definir con claridad los compromisos que tomará la constructora y la solicitud de la colaboración del cliente en la solución de aspectos que estén en sus manos resolver. |
| Mejorar las capacidades de negociación con la Supervisión Externa. | | Se ha puesto de manifiesto la excelente relación entre la constructora y la Supervisión Externa, sin embargo, cada uno de los involucrados debe asumir sus propias responsabilidades y compromisos. |

15. Gestión financiera.

| | | |
|---|----------------------|--|
| Gestionar ante el cliente el pago oportuno de las estimaciones. | A, C, 1c, III, IV, V | En este sentido el equipo del proyecto ya ha emprendido acciones con resultados positivos. |
|---|----------------------|--|

| | | |
|---|----|--|
| Elaborar un programa de pagos a proveedores y subcontratistas para la terminación de los frentes PTS y PSJ. | 1c | Servirá para la procura de los recursos financieros necesarios a la terminación. |
|---|----|--|

16. Reclamaciones.

| | | |
|--|---------------------|--|
| Identificar actividades ejecutadas, no cobradas y que no están incluidas en el alcance original del proyecto. | 1b, 2b, 3a | Permitirá reducir la variación de los costos. |
| Formular y conciliar los precios unitarios extraordinarios de los frentes en ejecución PTS y PSJ. | VIb, VIc, VIIe, XII | Acelerar este proceso interno. Gestionar con la Supervisión Externa procedimientos más expeditos para la conciliación y autorización. |
| Plantear los conceptos extraordinarios de detalle (con bajos rendimientos de mano de obra) en unidades de medida congruentes con la complejidad del trabajo. | VIII | Valorar y conciliar los precios extraordinarios de una forma realista. |
| Analizar los costos reales de indirectos y financiamiento. | I, III, VIc | Solicitar al dueño del proyecto una revisión derivada de los extensos plazos de ejecución y la indefinición de las fechas de inicio de los nuevos frentes. |

4.5 Realizar el control integrado de cambios.

| | | |
|--|--|--|
| Obtener la aprobación del nuevo presupuesto y cronograma que establecerá la nueva Línea Base de Desempeño. | | Permitirá un seguimiento más realista del estatus del proyecto. Permitirá formalizar los compromisos contraídos entre los involucrados. |
|--|--|--|

Activos de los procesos de la organización.

| | | |
|--|----|---|
| Implementar el EVM como un sistema de administración de proyectos. | | Sugerimos la implementación del modelo de Humphreys propuesto en esta tesina. Considerar la posibilidad de rediseñar los procesos administrativos vigentes en la empresa. Plantear formatos para reportar a la Dirección General de la empresa el estado del proyecto (informe de una sola página, breve, clara y confiable). |
| Establecer procesos internos de autorización. | IX | Mejora de los procesos administrativos de la PyMe. |

ACCIONES EMPRENDIDAS.

La PyMe constructora solicitó al cliente la actualización del Presupuesto de los trabajos por ejecutar en las etapas 2 y 3, próximas a iniciar y que tendrán un plazo de ejecución de enero a diciembre del 2016, en función del incremento de los costos de algunos materiales representativos, la actualización de los costos del personal obrero (ya que el proyecto se presupuestó en septiembre del 2014 y la ejecución se extenderá hasta diciembre del 2016) y la revisión de los costos indirectos del personal de campo.

La renegociación del contrato fraccionándolo en las etapas 2 y 3 para disminuir el importe de las garantías y tener la posibilidad de recibir el anticipo del 30% para cada etapa y, por lo tanto, contar con mayor liquidez para la ejecución del proyecto.

COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES FINALES.

El Método del Valor Ganado permite conocer el desempeño de un proyecto con respecto a dos variables, el costo y el tiempo, integrando implícitamente el cumplimiento de los alcances, pues acreditando el avance, se da por descontado que la calidad se cumple.

Mediante los datos relativos al trabajo programado, la forma en la que se ha ejecutado el avance a través del tiempo y los costos en que se ha incurrido para la ejecución del avance, el EVM reporta de una forma estructurada las variaciones, índices y diversos escenarios de pronóstico que facilitan el análisis de la problemática y conduce a identificar aquellos aspectos en los que los administradores de proyectos deberán poner especial atención.

El Método del Valor Ganado aporta a las PyMes especializadas en restauración herramientas y criterios para la valoración de los costos del proyecto, un indicador pocas veces tomado en cuenta en el seguimiento y control, lo que a su vez, otorgará certidumbre acerca de la inversión realizada.

Aunque en sí mismo el EVM no es una herramienta que explique las causas de las deficiencias en los proyectos, mediante las áreas de conocimiento del estándar PMBOK y su Extensión para proyectos de construcción, y mediante la experiencia del administrador de proyectos, es posible analizar y estructurar la problemática que prevalece, en búsqueda de alternativas de solución y poner en marcha acciones que permitan mejorar el desempeño.

El Método del Valor Ganado se puede implementar en una PyMe constructora especializada en restauración de inmuebles atendiendo a los factores identificados por Kim (2003) y el modelo de procesos propuesto por Humphreys (2011).

La obtención de los datos requeridos por el EVM implica una interacción entre diversos aspectos organizacionales de la empresa, los procesos administrativos y los factores ambientales de la empresa y del proyecto, haciendo posible *escalar* el EVM a un *sistema* de Administración de Proyectos en una PyMe constructora especializada en restauración de inmuebles.

El EVM como herramienta para el seguimiento y control de los proyectos contribuye al mejor desempeño del proyecto, sin embargo, es necesario el uso de técnicas y herramientas adicionales como la Ruta Crítica, favorecer la integración de equipos colaborativos de trabajo y mejorar las cualidades de los administradores de proyectos como el liderazgo, la comunicación y el trabajo en equipo, las capacidades de negociación y de resolver problemas.

REFERENCIAS.

Abba, W. (2000, April). How earned value got to primetime: A short look back and a glance ahead. *In Project Management Institute Seminars and Symposium in Houston, TX.*

Alsina J. (2013). Gestión del Valor Ganado “EVM” para control de proyectos. www.projectcharter.com

Anbari, F. T. (2003). Earned value project management method and extensions. *Project management journal*. 34(4), 12-23.

ASF. (2012). Problemática General en Materia de Obra Pública. *Auditoría Superior de la Federación*. Cámara de Diputados. México.

Baca, R. F. (2007). Administración de Riesgos en Proyectos de Infraestructura. *Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica (Colegio de Ingenieros Civiles de México)*. Tesina para obtener el grado académico de Especialista en Administración de Proyectos de Infraestructura.

Bello S. J. (2000). Medición y Evaluación de Proyectos de Ingeniería (Enfoque de Valor Ganado). *Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química*. Tesis de maestría en Ingeniería Química (Ingeniería de Proyectos).

Chamoun, Y. (2002). Administración Profesional de Proyectos, la guía. *Mc Graw Hill*. México.

Chen, S., & Zhang, X. (2012). An analytic review of earned value management studies in the construction industry. *In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, Proceedings of the 2012 Construction Research Congress.*

DiTrapani, A. R., & Geithner, J. D. (1996). Getting the Most Out of Integrated Product Teams (IPT's). *Center for Naval Analyses*.

DoE - OAPM (2014). Department of Energy - Office of Acquisition and Project Management. *EPASOP Earned Value Management System and Project Analysis Standard Operating Procedure*.

D. O. F. (2009). Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas. *Diario Oficial de la Federación*.

DRAE, Real Academia, et al. Diccionario de la Lengua Española. (2012). 22ª edición. Versión electrónica.

Estay Niculcar, C. A. (2007). Rigor y relevancia, perspectivas filosóficas y gestión de proyectos de Investigación-Acción en Sistemas de Información.

Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2002). Earned value management. *Cost Engineering*, 44(9), 32-36.

- Góngora P., J. P. (2013). El panorama de las micro, pequeñas y medianas empresas en México. *Revista Comercio Exterior*, Vol. 63, Num. 6.
- Henderson, K. (2003). Earned schedule: A breakthrough extension to earned value theory? A retrospective analysis of real project data. *The Measurable News*, 1(2), 13-23.
- Henderson, K. (2004). Further developments in earned schedule. *The measurable news*, 1(1), 15-22.
- Henderson, K. & Lipke, W. (2006). Earned schedule in action. *The Measurable News*, 8, 23-30.
- Howes, R. (2000). Improving the performance of Earned Value Analysis as a construction project management tool. *Engineering Construction and Architectural Management*, 7(4), 399-411.
- Humphreys, G. C. (2011). Project management using earned value. *Humphreys & Assoc.*
- Kerzner, H. (2009). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (10th ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kim, E. H., Wells, W. G., Duffley, M. R. (2003) A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*. 21(5) 375-382.
- Lipke, W. (2003). Schedule is different. *The Measurable News*, 31(4), 31-34.
- MacCauley, M. (2001). The Value of Earned Value Management. *Project Management Institute Pittsburgh Chapter Meeting*.
- Martínez, A. (2011). Modelos para gestión de proyectos para las MiPyMes de construcción. *Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Comercio y Administración*. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Administración de Negocios.
- Méndez D., R. A. (2013). Planeación de Proyectos. *Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica del Colegio de Ingenieros Civiles de México*. (Apuntes).
- Montes Guerra, M. I., Ramos, F. N. G., Pérez-Ezcurdia, M. A., & Díez-Silva, H. M. (2011). Explorando los cuerpos de conocimiento de la gestión de proyectos y su orientación hacia el seguimiento y control. *In XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos; Universidad pública de Navarra: Huesca* (pp. 75-94)
- Naderpour, A., & Mofid, M. (2011). Improving construction management of an educational center by applying earned value technique. *Procedia Engineering*, 14, 1945-1952.
- NASA (2013). National Aeronautics and Space Administration. ANSI/EIA 748 EVMS 32 Guidelines. Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook. NASA/SP-2012-599.
- NDIA (2014). Earned Value Management Systems ANSI/EIA-748-C Intent Guide. *National Defense Industrial Association*.
- Patanakul, P., Ieewongcharoen, B., & Milosevic, D. (2010). An empirical study on the use of project management tools and techniques across project life-cycle and their impact on project success. *Journal of General Management*, (35), 41-65.

Ponce y Córdova, J. F. (2013). Sobrecurso de las obras de infraestructura en México. *Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica del Colegio de Ingenieros Civiles de México*. (Tesina)

PMI (2005). Practice Standard for Earned Value Management. *Project Management Institute*. Newtown Square, PA.

PMI (2007). Construction Extension to the PMBOK Guide. 2nd Edition. *Project Management Institute*. Newtown Square, PA.

PMI (2013). Project Management Body Of Knowledge (PMBOK® GUIDE). (5th ed.) *Project Management Institute*. Newtown Square, PA.

RMC (2015). RMC Learning Solutions. www.rmcls.com

Smith J. G. (2011). The practice standard for Earned Value Management. *EVM World 2011*.

Uriegas T. C. (2003). El Sistema de Gerencia de Proyectos. México.

Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2005). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International journal of project management*, 24(4), 289-302.

Vanhoucke, M. (2009). Measuring time: improving project performance using earned value management (Vol. 136). *Springer Science & Business Media*. (Powerpoint presentation)

Vanhoucke, M., & Shtub, A. (2011). Adding value to earned value analysis. *PM World Today*, 13(1)

Vargas, R. (2015) PMBOK Guide 5th Edition – Flow 47 Project Management Processes. www.ricardo-vargas.com

Zhong, S., & Wang, X. (2011). Improvement and application of earned value analysis in coal project management. *Housing and Building National Research Center*, 10, 35-42.