**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ITAPÚA** 

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Informática**

**Trabajo Final de Grado**

**Plataforma para la gestión de tareas y evaluación inteligente del estado de un proyecto**

**Da Silva Junker, Edipo Vinicius.**

**Paiva Falcón, Tania Daniela.**

**Encarnación**

**, 2016**

Table of Contents

[Problemática 5](#_Toc464123223)

[OBJETIVOS 6](#_Toc464123224)

[Objetivo general 6](#_Toc464123225)

[Objetivos Específicos 6](#_Toc464123226)

[Alcance 7](#_Toc464123227)

[Limitaciones 7](#_Toc464123228)

[Conceptos Fundamentales 9](#_Toc464123229)

[Proyecto 9](#_Toc464123230)

[PMI 10](#_Toc464123231)

[PMBOK 10](#_Toc464123232)

[Dirección de proyectos 11](#_Toc464123233)

[Director del proyecto 11](#_Toc464123234)

[Equipo del proyecto 12](#_Toc464123235)

[Ciclo de vida del proyecto 12](#_Toc464123236)

[Fases del proyecto 12](#_Toc464123237)

[Cronograma 13](#_Toc464123238)

[Costo 13](#_Toc464123239)

[Presupuesto 13](#_Toc464123240)

[Estructura de desglose de trabajo o estructura detallada del trabajo 13](#_Toc464123241)

[Incertidumbre 14](#_Toc464123242)

[Hito 14](#_Toc464123243)

[Gestión del valor ganado 14](#_Toc464123244)

[Herramienta automatizada de programación de proyecto 14](#_Toc464123245)

[Metodologías ágiles 14](#_Toc464123246)

[Estado del arte 16](#_Toc464123247)

[Precedentes y Contexto Cronológico de la Gestión del Valor 16](#_Toc464123248)

[**Origen:** 16](#_Toc464123249)

[**Primeros desafíos:** 19](#_Toc464123250)

[**Evolución:** 20](#_Toc464123251)

[**Políticas, legislaciones y documentaciones:** 21](#_Toc464123252)

[**Inserción en la industria y adopción:** 22](#_Toc464123253)

[Herramientas de Gestión de Proyectos y Tareas 25](#_Toc464123254)

[Marco metodológico 30](#_Toc464123255)

[Herramientas 30](#_Toc464123256)

[Planeamiento de Sprints 31](#_Toc464123257)

[**Sprint #1** 31](#_Toc464123258)

[**Sprint #2** 31](#_Toc464123259)

[**Sprint #3** 31](#_Toc464123260)

[**Sprint #4** 31](#_Toc464123261)

[**Sprint #5** 32](#_Toc464123262)

[**Sprint #6** 32](#_Toc464123263)

[**Sprint #7** 32](#_Toc464123264)

[**Sprint #8** 32](#_Toc464123265)

[**Sprint #9** 33](#_Toc464123266)

[**Sprint #10** 33](#_Toc464123267)

[**Sprint #11** 33](#_Toc464123268)

[**Sprint #12** 34](#_Toc464123269)

[**Sprint #13** 34](#_Toc464123270)

[Datos iniciales 35](#_Toc464123271)

[Roles iniciales 35](#_Toc464123272)

[**Director de proyecto:** 35](#_Toc464123273)

[**Interesado** 36](#_Toc464123274)

[**Gestor de recursos humanos (RRHH)** 36](#_Toc464123275)

[**Supervisor** 37](#_Toc464123276)

[**Realizador** 37](#_Toc464123277)

[**Administrador** 38](#_Toc464123278)

[Organización de la estructura de desglose del trabajo (EDT) inicial 38](#_Toc464123279)

[**Hitos** 38](#_Toc464123280)

[**Tareas** 39](#_Toc464123281)

[Estados iniciales 39](#_Toc464123282)

[**Nueva** 39](#_Toc464123283)

[**En progreso** 39](#_Toc464123284)

[**En evaluación** 39](#_Toc464123285)

[**Cerrada** 39](#_Toc464123286)

[**Rechazada** 39](#_Toc464123287)

[Prioridades iniciales 39](#_Toc464123288)

[Tipo de actividades iniciales 40](#_Toc464123289)

[Gestión del Valor Ganado 41](#_Toc464123290)

[Valor Planificado 44](#_Toc464123291)

[Valor Ganado 44](#_Toc464123292)

[Costo Real 45](#_Toc464123293)

[Técnicas de medición del Valor Ganado 45](#_Toc464123294)

[**Fórmula fija** 46](#_Toc464123295)

[**Hito ponderado** 46](#_Toc464123296)

[**Porcentaje completo** 47](#_Toc464123297)

[**Esfuerzo prorrateado** 47](#_Toc464123298)

[**Nivel de esfuerzo** 47](#_Toc464123299)

[Relación entre los elementos fundamentales del Valor Ganado 48](#_Toc464123300)

[Variaciones, índices y proyecciones 48](#_Toc464123301)

[**Variaciones** 48](#_Toc464123302)

[**Índices** 51](#_Toc464123303)

[**Proyecciones** 52](#_Toc464123304)

[**Índice de desempeño del trabajo por completar** 54](#_Toc464123305)

[Recopilación de datos para EVM 58](#_Toc464123306)

[Gestión de tareas 58](#_Toc464123307)

[**Valor Planificado:** 58](#_Toc464123308)

[**Registros y Costo Real:** 60](#_Toc464123309)

[**Valor Ganado:** 61](#_Toc464123310)

[**Procesamiento y almacenamiento:** 63](#_Toc464123311)

# **Problemática**

De acuerdo a PMBOK (2013), se puede definir un proyecto como un esfuerzo temporal, que tiene inicio y fin, llevado a cabo para generar un producto (p. 3 )**4.2 cuerdo a PMBOK ()**. Todo lo que implica este esfuerzo necesita ser debidamente gestionado para obtener resultados óptimos, esto se puede realizar por medio de herramientas informatizadas existentes en el mercado pero con ciertas limitaciones.

Actualmente muchas de estas herramientas no proveen la funcionalidad de generar proyecciones del proyecto, los programas más conocidos que ofrecen esta funcionalidad tienen un alto costo tanto monetario como de aprendizaje, son exclusivos de un sistema operativo en específico y tampoco permiten acceder a los datos desde un dispositivo distinto al que fue instalado el software. Otra práctica muy común es la utilización de varios programas para gestionar las distintas fases del proyecto (planeación, ejecución, control, entre otras), esto puede generar pérdida de información y de tiempo, además implica una curva de aprendizaje mayor para el usuario.

Para subsanar esta limitación se propone la implementación de una plataforma tecnológica para la gestión de tareas del proyecto que genere proyecciones mediante la gestión del valor ganado.

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo general**

Implementar una plataforma tecnológica de código abierto, con bases en PMBOK, para la gestión de tareas de proyectos de cualquier naturaleza, y que además incluya la gestión del valor ganado para tener una visión general sobre el estado actual del proyecto y también permita generar proyecciones del mismo.

## **Objetivos Específicos**

* Implementar una herramienta de programación de proyecto integrada para facilitar la gestión del cronograma de un proyecto.
* Implementar una interfaz que integre la gestión de las comunicaciones del proyecto.
* Implementar una interfaz que permita el control de los costos del proyecto.
* Integrar la gestión del Valor Ganado con la gestión de tareas basando todo el proceso en lo establecido en PMBOK.
* Gestionar la información generada durante el ciclo de vida del proyecto.
* Implementar una herramienta de código abierto como un aporte para la comunidad.

# **Alcance**

La plataforma tecnológica o herramienta que se pretende desarrollar por medio de este trabajo tendrá como bases las buenas prácticas descritas en PMBOK.

Se pretende proporcionar las siguientes funcionalidades:

* Creación de un proyecto, incluyendo soporte para adjuntar el acta de constitución.
* Gestión de los involucrados en el proyecto.
* Gestión del cronograma.
* Manejo de prioridades en el cronograma.
* Soporte para técnicas de Compresión del Cronograma: Intensificación y Ejecución rápida.
* Gestión de la lista de hitos.
* Manejo de notificaciones via correo electrónico de las actividades y los hitos.
* Servicio de mensajería instantánea dentro de la aplicación.
* Adjunto de archivos al proyecto.
* Sección de documentación integrada.
* Registro de incidentes.
* Calendario de reuniones.
* Manejo y control de costos.
* Gestión de proyecciones del proyecto.
* Cierre de un proyecto.
* Revisiones.

# **Limitaciones**

En pro de brindar una plataforma independiente a la teoría organizacional y la naturaleza del proyecto y de no agregar complejidad adicional que pueda impactar de forma negativa a la experiencia de usuario y a la curva de aprendizaje para el uso de la plataforma, entre otras razones, se ha decidido limitar el alcance del trabajo, de la siguiente manera:

La plataforma:

* No realizará un cálculo detallado del presupuesto, sino que, directamente, cada actividad tendrá su costo.
* No incluirá la visualización, ni la gestión de diagramas de Gantt.
* No manejará relaciones entre tareas o actividades debido a la estrecha relación entre este tipo de constricciones y la metodología de gestión de proyecto utilizada.
* No contemplará la disponibilidad de recursos.
* No tiene como objetivo considerar conceptos como ruta crítica ni cadena crítica.

# **Conceptos Fundamentales**

En este capítulo se explican conceptos fundamentales para la comprensión del presente trabajo. La exposición de cada uno de estos conceptos es realizada en un orden lógico, principalmente en lo que se refiere a dependencia, es decir, primero son definidos conceptos que son necesarios para la absorción de conceptos posteriores.

## **Proyecto**

Es apropiado empezar conceptualizando al proyecto en sí. El concepto de proyecto puede parecer trivial, pero el mismo es utilizado muchas veces con diferentes acepciones que incluso pueden resultar confusas dependiendo del contexto.

Para Rafael Terrazas (2009), un proyecto se suele asociar a una idea que se debe desarrollar dentro de un contexto de emprendimiento y por lo tanto sometida a los riesgos que significan dicho contexto Esta idea se puede traducir a un objetivo y a su vez el contexto en el que se desarrolla el proyecto está relacionados a los recursos utilizados para alcanzar este objetivo. Por lo que la concepción de proyecto es la realización de un conjunto de actividades previamente planificadas que tienden a la mejor utilización posible de los recursos para lograr un objetivo (165-188). Por consiguiente un proyecto se caracteriza por tener una serie de actividades, implicar la gestión de recursos y tener un objetivo o fin. Además se debe tener en cuenta que estas actividades deben ser realizadas dentro de un periodo, que limita al proyecto dentro de una escala de tiempo y de esta forma da al proyecto un carácter temporal.

Otro concepto de proyecto expresa lo siguiente:

“Proyecto es un emprendimiento no repetitivo, caracterizado por una secuencia clara y lógica de eventos, con inicio, medio y fin, que se destina a alcanzar un objetivo claro y definido, siendo conducido por personas dentro de los parámetros definidos de tiempo, costo, recursos involucrados y calidad”. (Vargas, p. 167-168, 2008 citado por Terrazas, 2009)

Se puede observar en los conceptos de proyecto expuestos anteriormente algunos patrones que delimitan a un proyecto como poseedor de un objetivo, delimitado por un tiempo y dependiente de recursos.

Sin embargo, como el presente trabajo está estrechamente vinculado a la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) es imperativo tener en cuenta el concepto de proyecto definido por el Instituto de Gestión de Proyectos (2013), PMI por sus siglas en inglés en la misma:

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Asimismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto. Que sea temporal no significa necesariamente que la duración del proyecto haya de ser corta. Se refiere a los compromisos del proyecto y a su longevidad. En general, esta cualidad de temporalidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Por ejemplo, un proyecto para construir un monumento nacional creará un resultado que se espera perdure durante siglos. Por otra parte, los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales susceptibles de perdurar mucho más que los propios proyectos (p. 3).

Nuevamente se observan los patrones respecto a la temporalidad del proyecto, al objetivo y se obvia en este caso la dependencia de recursos porque la misma se manifiesta de manera más explícita a lo largo de toda la guía.

Otro patrón relevante que se presenta como característica de un proyecto es la unicidad del resultado del mismo. Según PMI (2013), “un proyecto genera un resultado único” (p.3), esto no quiere decir que todo emprendimiento que implique procesos repetitivos no sea un proyecto, ya que el resultado podría aún así ser único debido a factores externos o ambientales.

## **PMI**

Por sus siglas en inglés, Project Management Institute. Es una asociación mundial sin fines de lucro, que asocia a los profesionales de la gestión de proyectos. Impulsa la colaboración, investigación y educación relacionada a la gestión de proyectos. Sus estándares y certificaciones son mundialmente reconocidos. (PMI, 2016)

## **PMBOK**

Project Management Book of Knowledge, en español, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Como lo define PMI (2013), PMBOK es una guía que: “proporciona pautas para la dirección de proyectos individuales y define conceptos relacionados con la dirección de proyectos. Describe asimismo el ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos relacionados, así́ como el ciclo de vida del proyecto” (p. 3). Como se explica en la Guía del PMBOK, su propósito es identificar los conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas que intervengan en el proyecto a fin de que este sea exitoso. Este subconjunto de fundamentos es identificado por la Guia del PMBOK como buenas prácticas. Estos conocimientos y prácticas son aplicables a la mayoría de los proyectos, más allá de la naturaleza de los mismos, pudiendo aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. Estas buenas prácticas pueden aplicarse de distintas maneras según el criterio de los encargados de la dirección del proyecto. Otro aspecto importante de esta guía es que proporciona un vocabulario común para los conceptos relacionados a la dirección de proyectos, el cual puede ser utilizado para establecer una comunicación estandarizada entre las diferentes dependencias involucradas en el proyecto, siendo este vocabulario común esencial en toda disciplina profesional (p. 5).

## **Dirección de proyectos**

De acuerdo a PMI (2013), “la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (p. 5).

Generalmente la dirección de proyectos incluye la identificación de requisitos, organización del equipo de trabajo, manejo del cronograma, manejo de los costos, entre otros (p. 6).

## **Director del proyecto**

El concepto de director del proyecto se puede deducir lógicamente teniendo en cuenta los conceptos anteriormente definidos. Sin embargo es importante especificar con más detalles el rol del director de proyecto. Como se definió anteriormente un equipo del proyecto es un conjunto de personas, liderado por el director del proyecto, que debe actuar de forma a que se alcancen los objetivos del proyecto. Por lo tanto, recae sobre el director de proyecto las responsabilidades de liderar, motivar y orientar al equipo del proyecto entre otras. Con bases en lo expuesto en PMBOK, por el PMI (2013), se puede decir que el director del proyecto tiene la responsabilidad de satisfacer las necesidades de las tareas que están relacionadas al proyecto, así como necesidades del equipo del proyecto y otras necesidades individuales. Además el director del proyecto tiene un rol estratégico, ya que el mismo debe actuar como nexo de unión entre la estrategia y el equipo, teniendo en cuenta que la misma disciplina de dirección de proyectos es una disciplina estratégica crítica (p. 17).

## **Equipo del proyecto**

El concepto equipo del proyecto se refiere al conjunto de personas que trabajan propendiendo a que un proyecto alcance sus objetivos. Cabe enfatizar que en este caso equipo no se refiere a herramientas o dispositivos ni objetos, se refiere específicamente a personas que pueden cumplir diferentes roles dentro de un grupo o incluso de forma individual. En PMBOK, se da especial destaque en el hecho de que el director de proyecto cumple un rol como líder del equipo del proyecto:

Para PMI (2013):

El equipo del proyecto incluye al director del proyecto y al grupo de individuos que actúan conjuntamente en la realización del trabajo del proyecto para alcanzar sus objetivos. El equipo del proyecto incluye al director del proyecto, al personal de dirección del proyecto y a otros miembros del equipo que desarrollan el trabajo, pero que no necesariamente participan en la dirección del proyecto. Este equipo está compuesto por individuos procedentes de diferentes grupos, con conocimientos en una materia especifica o con un conjunto de habilidades especificas para llevar a cabo el trabajo del proyecto. La estructura y las características de un equipo de proyecto pueden variar ampliamente, pero una constante es el rol del director del proyecto como líder del equipo, independientemente de la autoridad que éste pueda tener sobre sus miembros (p. 35).

## **Ciclo de vida del proyecto**

PMI (2013) define: “El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre” (p. 38).

## **Fases del proyecto**

Para PMI (2013) “Un proyecto se puede dividir en cualquier numero de fases. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables. La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos para facilitar su dirección, planificación y control.” (p. 41)

## **Cronograma**

Profundizando un poco más en el aspecto temporal de un proyecto es necesario definir el concepto de cronograma. El cronograma es una representación gráfica de una serie de actividades en el tiempo. Su principal función es auxiliar en la organización lógica de tareas teniendo en cuenta las limitaciones del tiempo.

## **Costo**

El concepto de costo se relaciona muchas veces a un esfuerzo o trabajo realizado y a un valor cuantitativo que se paga. La RAE (2014) más específicamente define al costo como:

1. m. Cantidad que se da o se paga por algo.

2. m. Gasto de manutención del trabajador cuando se añade al salario.

En lo que respecta a gestión de presupuesto, el concepto de costo se tomará en la acepción relacionada a un pago cuantitativo. Solamente en algunos casos especiales se utilizará costo como un concepto más estrechamente relacionado al esfuerzo, pero siempre se harán las aclaraciones necesarias.

## **Presupuesto**

Según lo expuesto en el libro Gestión del Presupuesto del Proyecto, de Project Management for Development Organizations (2009), en lo que se refiere a gestión de proyectos, el presupuesto es la totalización del dinero asignado a cada una de las actividades de un proyecto más el dinero asignado a gastos relacionados al proyecto durante todo su ciclo de vida.

Cabe resaltar el carácter generalizador del presupuesto, si bien un presupuesto puede estar relacionado a una serie de gastos individuales o incluso a otros presupuestos, finalmente lo que se desea obtener es la suma total del dinero asignado.

## **Estructura de desglose de trabajo o estructura detallada del trabajo**

De acuerdo a lo expuesto por Chaviano y Hernández, la Estructura de Desglose de Trabajo es una representación jerárquica de todos los entregables y actividades, con la finalidad de simplificar el proyecto descomponiendo los entregables y actividades en fragmentos constituidos por bloques de tareas o paquetes de trabajo (p. 68).

## **Incertidumbre**

Para comprender el concepto de incertidumbre en el proyecto, es importante recordar el hecho de que el proyecto tiene como característica producir un resultado único, sea este un producto, un servicio o algún otro tipo de resultado tangible o intangible. La incertidumbre hace referencia a la duda que se genera con respecto a alcanzar el resultado establecido para el proyecto, no es posible generalizar esa duda debido a que cada proyecto genera un resultado único.

## **Actividades**

De acuerdo a PMI (2013), las actividades son los componentes básicos de la estructura de desglose del trabajo (p. 152). En la herramienta, se presenta a las actividades como peticiones.

## **Hito**

PMI (2013) señala que “un hito es un punto o evento significativo dentro del proyecto.” (p. 153)

## **Tarea**

Consiste en el “trabajo que debe hacerse en tiempo limitado.” (RAE, 2014).

## **Gestión del valor ganado**

Por sus siglas en inglés, EVM (Earned Value Management). PMI (2013) la define como “una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto.” (p. 217). Provee la metodología necesaria para integrar el alcance del proyecto, con las fechas establecidas y los costos existentes, permite identificar puntos críticos con anticipación, como tareas más costosas o de mayor duración (PMI, 2005, p. 1).

## **Herramienta automatizada de programación de proyecto**

De acuerdo a PMI (2013):

Las herramientas automatizadas de programación contienen el modelo de programación y aceleran el proceso de programación mediante la generación de fechas de inicio y finalización basadas en las entradas de actividades, los diagramas de red, los recursos y las duraciones de las actividades a través del análisis de la red del cronograma. Una herramienta de programación se puede utilizar en combinación con otro software de gestión de proyectos, así́ como con métodos manuales (p. 181).

## **Metodologías ágiles**

De acuerdo al manifiesto ágil, son las técnicas para la gestión de proyectos, comúnmente de software, basada en cuatro valores principales, los cuales son:

* Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
* Software funcionando sobre documentación extensiva.
* Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
* Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan.

Estas técnicas promueven el desarrollo sostenible, evaluación y mejoras continuas, la motivación de los miembros del equipo, entre otras (Manifesto for Agile Software Development, 2001).

# **Estado del arte**

## **Precedentes y Contexto Cronológico de la Gestión del Valor**

En este capítulo se exponen los acontecimientos que precedieron y que de cierta forma colaboraron con la evolución sucesiva de los diferentes conceptos que pasaron a formar parte de lo que se conoce hoy como Gestión del Valor Ganado.

### **Origen:**

Según Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) el método de EVM y sus variaciones han sido utilizados bajo diversos nombres como EVPM o Earned Value Project Management, EVA o Earned Value Analysis que viene a ser Análisis del Valor Ganado e incluso otros términos más ligados a C/SCSC como C/SSR que son las siglas en inglés de Cost/Schedule Summary Report que en español significa Informe Resumido de Costo/Cronograma (p. 3). No obstante los términos que son más ampliamente usados en este capítulo son EVM y Gestión del Valor Ganado.

El origen de EVM y las razones por las cuales se produjo una exitosa adopción de la Gestión del Valor Ganado para acompañar el proceso de gestión de proyectos, están estrechamente asociados con el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, tanto con el Ejercito, la Marina como con la Fuerza Aérea debido a que estas entidades se apoyan en técnicas que permitan medir el desempeño de sus proyectos tanto en términos monetarios como en términos de tiempo (cronograma) y así también proyecciones respecto al futuro de sus proyectos. También existen varias instituciones y organizaciones tanto en el sector privado como público que utilizan y aportan al conjunto de conceptos y principios que componen el EVM, un ejemplo de una importante organización es la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos, también conocida como NASA por sus siglas en inglés, National Aeronautics and Space Administration.

Estas instituciones gubernamentales tuvieron un importante papel en el origen y evolución de la Gestión del Valor Ganado, debido a que las mismas, para el desarrollo de proyectos internos, muchas veces tienen un sistema de contrataciones en el cual se pacta un determinado servicio o producto con organizaciones de parte de la industria. Para medir el desempeño de estos proyectos o programas, se utilizaban otras técnicas que, finalmente, al demostrar ciertas falencias, fueron reemplazadas por EVM. Según Cândido, Mählmann Heineck y Barros Neto (2014) la técnica de medición del rendimiento conocida como la gestión del valor ganado al dar un paso delante respecto a técnicas tradicionales como las Técnicas de Revisión y Evaluación de Proyectos y Costo también conocidas como PERT/Cost por sus siglas del inglés de Project Evaluation and Review Techniques and Cost, y los Criterios de Sistema de Control Costo/Cronograma también conocidos como C/SCSC por sus siglas del inglés Cost/Schedule Control System Criteria, fue fuertemente apoyada por la comunidad de gestores de proyectos que existe en torno al PMI (p. 1). Con esto se puede concluir que las técnicas PERT/COST eran los predecesores de EVM, si bien el mismo no se fundamenta directamente en PERT/COST, su origen se relaciona a PERT/COST dado que estas técnicas eran ampliamente utilizadas antes de que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos manifestaran la necesidad de un cambio de paradigma.

Los problemas que las técnicas utilizadas en la industria no podían solucionar se hacían más evidentes para las instituciones de defensa ya que a diferencia de los emprendimientos comerciales el caso de éxito o fracaso de proyectos de defensa no depende simplemente de factores como oferta, demanda, la satisfacción del usuario, etc. sino que tienen un carácter mucho más crítico, de acuerdo a lo descrito por Wayne (2000). Los proyectos y programas dentro de estas instituciones son expuestos a una especia de rigurosa competencia mutua lo cual en algunos casos puede conducir a promesas de rendimiento, entrega y costos excesivamente optimistas, con el afán de recibir una aprobación o alguna ventaja competitiva. Para el momento en que los problemas en esas áreas se hacen evidentes el significativo acúmulo de pérdidas y costo de inversión propende a cancelar estos programas o proyectos. Todo esto resulta en un dilema entre invertir más tiempo y dinero o reducir cantidades de producción o características de los entregables o incluso ambas cosas. El impacto de este tipo de situaciones es aún peor dado que este dilema se repite sucesivamente a lo largo de toda la historia de adquisiciones de estas instituciones. De todas maneras los programas continuaron debido a que el sistema era necesario, en algunas ocasiones incluso a costos dramáticamente superiores a lo estimado originalmente y a cantidades inferiores a las deseadas (p. 1).

En términos históricos se puede establecer de forma aproximada el origen de principios de gestión primitivos que en algún momento podrían evolucionar a lo que es la Gestión del Valor Ganado. Según Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) EVM es una metodología de gestión de proyectos para la medición del desempeño tanto en términos financieros como el desempeño del proyecto mismo. Se puede encontrar indicios de una forma básica del EVM en ambientes de ingeniería industrial y fábricas a finales de 1800 (p. 3).

Históricamente también se puede detectar una necesidad de una metodología, de cierta manera, más avanzada. Si bien por definición el proyecto tiene un carácter único, el proceso de estimación y el resultado de dicha estimación no suele implicar demasiada complejidad al tratarse de proyectos de productos que hayan sido fabricados previamente, es decir, si ya se realizó una tarea anteriormente la estimación de cuánto tiempo y costo requerirá dicha tarea se hace más simple debido a que se puede contar con la experiencia previa. Sin embargo para proyectos en los que se requiere desarrollar un prototipo o un entregable nunca antes hecho, realizar estimaciones puede ser un proceso mucho más complejo. Y justamente este es muchas veces el caso con los programas de defensa que son frecuentemente requeridos a hacer cosas que nunca antes se hayan realizado. Tanto es así que como lo expone Wayne (2000) el Departamento de Defensa de los Estados Unidos a inicio de la década de los 50 reconoció que la ya en aumento complejidad de sus contratos de sistemas de desarrollo de armamentos demandaba técnicas de gestión más sofisticadas en relación a las que eran utilizadas usualmente en la industria (p. 1).

Además Wayne (2000) expone que los primeros intentos de resolver estos problemas de gestión de las mencionadas instituciones de defensa, más específicamente, problemas de gestión de programas y proyectos, y del sistema que involucraba a los mismos, condujeron de cierta manera al desarrollo de nuevas herramientas que utilizaron como base los conocimientos teóricos y prácticos de técnicas como PERT. Siendo así, partiendo de PERT se desarrollaron herramientas que pudiesen minimizar, al menos en algunos aspectos, al problema de gestión recurrente. Por un lado estaba PERT/COST, una técnica de gestión de red de carga de recursos, originada en la Marina de los Estados Unidos como un requerimiento de contrato, con el cual cada cliente del gobierno define sus requisitos específicos. El Departamento de Defensa estaba liderando la manera en la cual se desarrollaban técnicas de gestión modernas. Pero por otro lado, la falta de coordinación de estas iniciativas resultaba finalmente en un ambiente de ansiedad en la industria dado la proliferación de diferentes requisitos para contratos y las diferencias inherentes que imponía cada técnica respecto a la forma en la cual proponían que se realice la gestión (p. 1).

Finalmente se hace conocer una metodología con una relación más directa con la Gestión del Valor Ganado. Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) la Gestión del Valor Ganado es una metodología de gestión para integrar el alcance al cronograma y recursos y para la medición del rendimiento y progreso del proyecto, la cual inició históricamente como Cost/Schedule Control System Criteria, C/SCSC, en español Sistema de Control y Planificación de Costo Cronograma o Criterios de Sistema de Control Costo/Cronograma, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en los 1960s (p. 2). Los sucesos que llevaron a la adopción del C/SCSC son explicados a mayor nivel de detalle a continuación.

Entre otras cosas, la situación de la industria, las condiciones de los servicios de defensa, más la complejidad de los programas, las inadecuadas técnicas industriales de gestión y las preocupaciones de la industria, la variación de los requisitos respecto a una institución de defensa y otra, eventualmente llevaron a que se desarrolle una técnica más apropiada para la gestión de proyectos y finalmente a la adopción de lo que hoy se conoce como EVM. Sin embargo esto no ha sido una transición tan directa.

Según Wayne (2000) primeramente los servicios, es decir, la Fuerza Aérea, Marina y Ejercito, difícilmente se ponían de acuerdo respecto a un punto de vista común. Por un lado la Fuerza Aérea tendía a evitar discusiones que sugiriesen soluciones integrales, es decir, las cuales fuesen lo suficientemente genéricas para ser utilizadas por todos los servicios (Fuerza Aérea, Marina y Ejercito de los Estados Unidos), debido a que la postura que manifestaba la Fuerza Aérea respecto a PERT/COST era que estas técnicas eran demasiado rígidas. En este punto la Fuerza Aérea estaba de hecho de acuerdo con el Ejercito. Aún con estas diferencias, se realizaron investigaciones respecto a las mejores prácticas utilizadas por las empresas americanas que lideraban el mercado. Estas investigaciones fueron realizadas por un conjunto de pioneros liderados por un oficial de la Fuerza Aérea, el señor Hans “Whitey” Driessnack. Así fue como la Fuerza Aérea pudo capturar de cierta manera las prácticas y utilizarlas como puntos de referencia o criterios de gestión efectiva en las especificaciones de los Criterios de Sistema de Control Costo/Cronograma, C/SCSC. Si bien este innovador enfoque era muy prometedor, las promesas del mismo se redujeron con el surgimiento de múltiples versiones del mismo provenientes de la misma Fuerza Aérea, lo cual dificultaba una imagen de estabilidad y solidez y también dispersaba el interés tanto de parte de la industria como de otras instituciones de defensa. Se necesitaría una perspectiva más amplia para superar los puntos de vista individuales. En 1966 la Oficina de la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos pudo solucionar este problema al adoptar las especificaciones de la Fuerza Aérea y realizar las respectivas coordinaciones con los demás servicios. Tan sólo un año después, en 1967 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos emitió la Instrucción 7000.2, “Performance Measurement for Selected Acquisitions”, lo que viene a ser, Medición del Desempeño de Adquisiciones Seleccionadas. La DoDI 7000.2 encomendó un procedimiento uniforme del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, requiriendo el cumplimiento de parte de la industria respecto a C/SCSC. Esto hizo que C/SCSC fuese exitosamente adoptado. Esta instrucción marcó el nacimiento de una manera revolucionaria de trabajar con la industria – y de forma indirecta EVM. Todos los servicios, tanto la Fuerza Aérea, Marina y Ejercito de los Estados Unidos, usarían los mismos criterios de gestión para contratos relacionados a la industria de defensa en los programas y proyectos más importantes (p. 2).

Estos criterios también representaban según Wayne (2000), las mejores prácticas de gestión utilizadas por la industria americana y que requerían a la gestión del valor ganado como técnica integradora.

Según Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) La Gestión del Valor Ganado fue presentada al gobierno federal de los Estados Unidos en 1967 como parte integral del estándar C/SCSC principalmente con la finalidad de entender los aspectos financieros de los programas y proyectos y así también para ser usado en programas de grandes adquisiciones en un intento de establecer una metodología consistente basada en las mejores prácticas (p. 3).

### **Primeros desafíos:**

Como se puede notar dadas las distintas acciones, puntos de vista, iniciativas y otras diferencias entre los servicios, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos no era una institución monolítica, es decir, no era una institución en la cual, por ejemplo, se mantenga una misma postura y punto de vista respecto de un tema específico, entre los diferentes servicios que la componen, como puede ser en este caso los requerimientos contractuales para programas y proyectos, si no que era más bien una institución en la cual participaban de forma relativamente independiente otras instituciones las cuales podrían o no estar de acuerdo respecto a asuntos específicos y por lo tanto podrían también manifestar diferentes posturas y diferentes actuares. Por lo que Wayne (2000) expone que cuando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos emitió la DoDI 7000.2, la industria de alguna manera temía que los diferentes servicios no la implementarían de manera cabal y consistente, por lo que la industria manifestó estos miedos. En respuesta a esto, David Packard en su carácter de Secretario de Defensa de los Estados Unidos y en representación de dicha Secretaría de Defensa, dirigió a los servicios para que involucraran a la industria y realizaran cursos de EVM, en el, en ese entonces, Defense Systems Management School (ahora Defense Systems Management College) (p. 2).

De acuerdo a, Wayne (2000) en Junio de 1970 se realizó una reunión en Andrews Air Force Base donde conferenciantes tanto de parte de la industria como de parte del gobierno pudieron debatir respecto a los procedimientos de implementación. Por ejemplo la industria presentaba un mayor interés en una interpretación más amplia para el material de gestión en EVM. El gobierno por otra parte respondió a esto nominando a un representante de la industria para escribir el material de guía. De esta manera empezó una alianza entre el gobierno y la industria caracterizada por momentos de hostilidad y desconfianza mutua, pero así mismo llevando eventualmente a momentos de extraordinaria cooperación (p. 2).

Un desafío recurrente que tienen las instituciones de defensa es el de realizar programas o proyectos que nunca antes se han realizado. Un claro ejemplo de esto es el del avión combatiente Raptor F-22 de la Fuerza Aérea de los Estados unidos, en avanzado desarrollo en los años 2000 para reemplazar el F-15. De acuerdo a Wayne (2000) la Fuerza Aérea requiere que el F-22 vuele más rápido que la velocidad del sonido sin utilizar sistemas de postcombustión de alto consumo de combustible. El mismo además debe incorporar características avanzadas, como la “curación automática” que consiste en reconfiguraciones automáticas de sus sensores para compensar los equipos dañados en combate. Este es un excelente caso de estudio debido a que no existen equivalentes a estas avanzadas capacidades, lo cual obliga al gobierno a asumir el costo del riesgo de desarrollo. Programas como estos requieren la mejor gestión de proyecto posible para proteger el interés público, al no tener precios establecidos en el mercado. Los desafíos de la gestión de proyectos, los cuales fueron enfrentados hace décadas son aún más complejos hoy en día. Los cuales son exacerbados por una menor porción del presupuesto nacional para la defensa de los Estados Unidos y una reducida base industrial. Este tipo de entorno propició el éxito de EVM, la manera más efectiva conocida, de integrar el alcance del trabajo, los cronogramas y recursos con el riesgo de gestión (p. 2).

### **Evolución:**

Respecto a la evolución de la Gestión del Valor Ganado, Wayne (2000) manifiesta que la política del EVM que había evolucionado en los años 1970 estaba, en aquella época, en su tradicional modo de “vigilancia/supervisión”, utilizado, en ese entonces, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, es decir, pretendían asegurar la situación por medio de actividades de supervisión. La Oficina de la Secretaría de Defensa estableció una política de alto nivel, dejando, por otro lado, la implementación a los diferentes departamentos militares. Dado esto empezaron a surgir desacuerdos entre los departamentos militares respecto a la interpretación de la política llevando a compromisos, típicamente resultando en aún más detalladas guías respecto a la política. A esto se suman las peticiones de supuestas aclaraciones, por parte de la industria, respecto a estas guías y el inexorable crecimiento de las regulaciones de parte del gobierno. C/SCSC no era la excepción, dando un aumento a una subcultura de expertos y consultores del gobierno y la industria. Otro pionero de EVM de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Robert Kemps, se mudó a la Oficina de la Secretaría de Defensa para liderar la supervisión de la organización de gestión de rendimiento. Como un notable autor de EVM, él visualizó sus principales misiones como supervisar y enseñar, y que su principal problema sería la rotación de personal de alto nivel. Nombrados políticos llegaron al Pentágono trayendo nuevas iniciativas de gestión, las cuales en algunos casos eran nuevas como fugaces (p. 2).

Así fue como la típica política con bases en supervisión afectó negativamente incluso al C/SCSC, sin embargo, según Wayne (2000) a inicios de los años 1980, el señor Gaylord E. Christle Director Adjunto de Gestión de Adquisiciones de la Oficina del Subsecretario de Defensa (Adquisición, Tecnología y Logística), estaba tomando conciencia de que C/SCSC no estaba alcanzando sus objetivos. Christle tenía tres ventajosos puntos: por un lado la supervisión de contratos por medio reportes internos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, revisiones de C/SCSC de parte del personal de los servicios, y reuniones periódicas con sectores representativos de parte de la industria. El problema que generaba más presión era respecto a la industria de construcción de naves, la cual de hecho aún no había implementado los conceptos de C/SCSC a la misma extensión que, por ejemplo, las industrias aéreo espaciales. Estos problemas eran ampliamente resueltos a través de su liderazgo como oficial a finales de los 1980s. Se realizaban trabajos tanto en la industria como en los departamentos militares, pero con la diferencia que se dejaba de lado la visión que se utilizaba anteriormente en la cual los modelos para lidiar con las situaciones relacionadas a la gestión generalmente se basaban en actividades de supervisión, ahora eso era reemplazado más bien por el trabajo en equipo y la cooperación (p. 3).

Al inicio de los 90, también menciona Wayne (2000), que finalmente se hizo más evidente que los problemas de informes de C/SCSC no eran solo exclusivos del sector naval. Esto sucede principalmente cuando el Pentágono, por medio de sus analistas, identificó problemas de costo y programación (cronograma) en una serie de programas de perfiles altos. En este sentido, el más notorio fue, probablemente, el programa de desarrollo de la aeronave Navy’s A-12 “Avenger”. El señor Christle trajo la atención de la administración superior, desencadenando una serie de eventos que llevarían a cancelar este programa de billones de dólares.

### **Políticas, legislaciones y documentaciones:**

También en lo que respecta a las políticas o a la influencia que pueden tener las políticas internas, principalmente en instituciones del gobierno, en promover la implementación de la Gestión del Valor Ganado, Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) mencionan que la Oficina de Gestión y Presupuesto, conocida también como OMB por sus siglas en inglés de Office of Management and Budget, requiere el uso de EVM para reportar el desempeño de proyectos federales en los Estados Unidos.

Por otro lado, respecto a las legislaciones Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) mencionan que, también en la misma época, a inicios de 1990 las legislaciones y regulaciones promovieron la implementación de técnicas de control de costo como EVM dentro del sector gubernamental. Legislaciones relacionadas al control y medición del desempeño empezaron a inicios de 1993 en Estados Unidos, con el Government Performance and Results Act. Actualmente las regulaciones, guías y políticas internas siguen redefiniendo e intentando describir cómo implementar EVMS en proyectos del gobierno basados en el estándar de la industria (p. 4).

Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) también exponen que existen varias legislaciones que fortalecen la utilización de técnicas como EVM, para dar un ejemplo está la Federal Acquisition Streamlining Act (FASA) que requiere que se presenten y aprueben objetivos de costo, desempeño y cronograma para las adquisiciones más importantes, y que se alcancen al menos un 90 por ciento de estos objetivos establecidos (p. 4).

Por otro lado respecto a guías y documentaciones, Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) informan que las guías para la utilización y el establecimiento de sistemas basados en EVM, fueron publicadas, en gran medida para apoyar las políticas implementadas por las agencias gubernamentales y los estándares de la industria (p. 4).

### **Inserción en la industria y adopción:**

Para que se dé una adopción Gestión del Valor Ganado de una manera más masiva fue importante los cambios y resultados de importantes y conocidos proyectos de los servicios de defensa de los Estados Unidos. Para Wayne (2000) el punto de inflexión fue relacionado al debacle resultante al programa de desarrollo del A-12, el cual trajo serias consecuencias. Tanto oficiales civiles con experiencia como oficiales militares, que trabajaban con el programa de desarrollo del A-12 fueron sustituidos, re asignados o se retiraron. No mucho después de estos eventos, revelaciones de similares costos y cronogramas, alcanzaron al programa de desarrollo de la aeronave de transporte C-17 de la Fuerza Aérea, y los resultados fueron similares, es decir, suspensión de proyectos, despidos, retiros, sustituciones y reasignaciones de oficiales. Si bien el programa del C-17 pudo sobrevivir, la cancelación del mismo fue considerada seriamente y tanto la carrera como la reputación de civiles y militantes fue afectada de forma negativa con estos eventos. Exactamente de la misma manera que en el caso del programa de desarrollo del A-12, los análisis del valor ganado revelaron que los problemas eran evidentes, si no evitables, mucho antes de que los contratistas y administradores los reconocieran (p. 3).

Como lo describe Wayne (2000) Episodios como los de los programas de desarrollo del A-12 y del C-17, entre otros, mostraron convincentemente el valor de EVM como un sistema de alerta temprana. Sin embargo, de esta forma, también se demostró que la información generada por EVM no estaba siendo utilizada efectivamente a lo largo de los objetivos de la gestión del departamento. En lugar de que la gestión del valor ganado sea utilizada como una herramienta para los directores y gestores de programas y proyectos, la responsabilidad de la misma estaba siendo simplemente asignada a especialistas de control de programas y vista como un requerimiento de informes financieros, esto tanto en la industria como en el gobierno (p. 3).

Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) mencionan que en Estados Unidos, el gobierno federal decidió descartar C/SCSC a finales de 1996, en un intento de promover el amplio uso de EVM, proponiendo como alternativa sistemas de EVM (EVMS) más flexibles (p. 3).

Según Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) en febrero de 1997, la NASA lanzó una directiva para establecer bases respecto a la aplicación del EVM, la Política Directiva de la NASA o NPD por sus siglas en inglés de NASA Policy Directive, número 9501.3 llamada Earned Value Performance Measurement, es decir, Medición del Desempeño del Valor Ganado, en la cual se definen las mencionadas bases más específicamente a ser aplicadas a contratos de la NASA. Antes del lanzamiento de la mencionada directiva los diferentes centros de la NASA utilizaban sus políticas internas en sistemas de medición del desempeño. Esta directiva de 1997 requirió que los directores de proyectos de la NASA aseguraran la implementación de EVM en los contratos. Regularmente se realizan auditorías de parte de la Oficina del Inspector General (Office of the Inspector General) de la NASA y la Oficina de Responsabilidad del Gobierno (Government Accountability Office), sobre el estado actual de los proyectos y se proveen recomendaciones para integraciones y mejoras relacionadas al EVM. Cabe destacar que algunos de esos reportes ilustran los beneficios e incluso las deficiencias de los proyectos en los cuales se ha aplicado EVM en la NASA (p. 5).

Según Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) a inicios de 1998, el instituto americano de estándares ANSI (American National Standards Institute), publicó guías para EVMS. También fue publicado A Guide to the Project Management Body of Knowledge en español Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK) el cual contaba con fórmulas y explicaba la terminología básica de EVM. Luego en el año 2000 y en las ediciones subsecuentes de PMBOK se simplificó la terminología y se agregó más detalles sobre EVM (p. 3).

Para Wayne (2000) la oficina de la Secretaría de la Defensa tomó un rol activo en el liderazgo. La industria fue invitada a participar y de hecho en asumir la responsabilidad por conceptos de gestión industrial. La gestión del valor ganado fue refinada en regulaciones de las instituciones de defensa, a su propósito original como procesos de gestión de proyectos, en lugar de un requerimiento financiero. Estos pasos pudieron construir un marco de trabajo que pudo resultar en la industria emitiendo su propio estándar para EVM, la norma ANSI/EIA 748-98 “Earned Value Management Systems”, la cual a su vez fue adoptada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1999 (p. 3).

Como se mencionó anteriormente la implementación y utilización de EVM fue promovida por el gobierno de los Estados Unidos y se dio en diversas instituciones tanto gubernamentales como del sector privado. Un ejemplo de una importante institución que pasó a implementar sistemas basados en EVM es la NASA. Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) afirman que en base al historial de programas espaciales, por lo general, los mismos son financiados por fondos gubernamentales. No obstante el modelo de negocio está cambiando de alguna manera con la incepción de proyectos espaciales más comerciales. Dado que los programas espaciales se realizan con fondos gubernamentales los mismos lógicamente son en cierta manera fondos acumulados por el pago de impuestos, por lo cual la gestión de estos programas debe ser transparente. Es por esta razón que estos programas utilizan EVM, para registrar y tener un control efectivo sobre los gastos y el rendimiento del cronograma (p. 5).

Wayne (2000) menciona que es importante entender que EVM no era la solución por defecto del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Varias soluciones alternativas fueron surgiendo pero ninguna tuvo un futuro venidero. La industria convino que EVM consiste en principios genéricos de gestión que deben ser aplicados a todos los proyectos, pero no al mismo grado.

Empresas de defensa líderes en el mercado, han empezado a reconciliar sus procesos de gestión comerciales y gubernamentales. Por ejemplo, la empresa Boeing emitió en 1999 un manual de la empresa con el título de “Integrated Performance Management Practice”, o lo que viene a ser “Practicas integradas de gestión de rendimiento” con la finalidad de ser utilizado por todas las organizaciones de Boeing. El mismo decreta que la aplicación del IPMP (Integrated Performance Management Practice) podrá variar en base al entorno, requisitos del cliente, tamaño, alcance, riesgos, complejidad y necesidades individuales de cada organización (p. 3).

De manera similar, otras empresas adaptaron los principios de EVM del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, a sus propias necesidades. La participación de diferentes empresas aumenta la confianza de que los principios eran de aplicación universal. En este sentido la participación de Japón es especialmente notable.

Seguido a una exhaustiva búsqueda mundial por las mejores prácticas, oficiales del Ministerio de Construcción de los Estados Unidos en febrero de 1999, anunciaron su decisión de adoptar EVM, para implementar sus prácticas en programas pilotos, y a lanzar un estándar internacional para el 2002.

El éxito del Departamento de Defensa de los Estados Unidos en la reforma de la Gestión del Valor Ganado, se evidencia en la historia del crecimiento de costo por la Oficina de la Secretaría de la Defensa del mismo país. En noviembre de 1999, el total sobrecoste en más de 100 de los más grandes y riesgosos contratos del Departamento de Defensa eran sólo del 5.5%, incluso en contratos con precios flexibles requiriendo cumplimiento de los estándares de EVM y reportes periódicos a la Oficina de la Secretaría de Defensa. Los contratos en total fueron completados el 66% y representaron el 72,8 $ millones de dólares en valor objetivo. Los contratos A-12 y C-17 de desarrollo por sí solos ya habían superado en más que eso unos años atrás.

Como lo expone Wayne (2000) el éxito se extendió a programas heredados también, tales como los del F-14 Tomcat Navy fighter. Durante mucho tiempo fuera de producción el F-14 tuvo una nueva oportunidad debido a que la oficina de gestión del programa implementó la Gestión del Valor Ganado entre otras técnicas de gestión de proyectos, en los depósitos de aviación naval y otras instalaciones. En marzo del 2000 el programa recibió, de parte de la vice presidencia de los Estados Unidos, el premio “Vice President’s National Performance Review “Hammer” Award” por las tareas de revisión y por el ahorro y devolución a sus patrocinadores de 268 millones de dólares, el resultado de un proyecto al extender la vida de fatiga de la estructura del avión (p. 3).

Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) exponen que el sector privado también demostró mayor interés en aplicar los principios de EVM y en implementarlo ampliamente en los años más recientes, entre otras razones, gracias a numerosas publicaciones las cuales promovían los principios de EVM y a que herramientas avanzadas de gestión de proyecto agregaron paquetes que incorporaban métodos y análisis de EVM (como se cita en History, practices, and future of earned value management in government: Perspectives from NASA, 2011, p. 3).

Como lo menciona Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) hoy en día es obligatorio en muchos programas y proyectos del gobierno de los Estados Unidos (p. 2). Dado su énfasis en la medición del rendimiento en el gobierno (de los Estados Unidos) se incrementa, apoyado por imposiciones obligatorias de parte de leyes gubernamentales e incluso de la presión del público.

Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) mencionan que existen ejemplos de visible fallas en grandes proyectos o programas públicos. En Estados Unidos, en el año 2008 se reportó que de 840 grandes e importantes proyectos gubernamentales relacionados a las tecnologías de la información, más de 300 han sido reportados como mal planificados, algunos incluso al punto de ser evaluados como inaceptables (p. 2).

Kwak, Y. y Anbari, F. (2011) por medio de un estudio que explora el estado actual de implementación de los principios de la Gestión del Valor Ganado en la NASA (National Aeronautics and Space Administration) para identificar tendencias emergentes de medición de rendimiento, buscar mejoras, debatir y examinar el estado actual de implementación de las prácticas de EVM en la NASA y evaluar los desafíos y oportunidades de implementar la Gestión del Valor Ganado en proyectos y programas, en el cual se identifica las prácticas claves para la medición del rendimiento en programas y proyectos gubernamentales. Esto se resuelve por medio de debates y entrevistas con líderes y expertos en programas en la NASA y por medio de revisiones de varios documentos e informaciones gubernamentales. Los hallazgos de esta investigación contribuyen a la gestión de futuros proyectos y promueven la revisión de parte de la comunidad de gestión de proyecto y aplicación avanzada de la gestión de proyecto y EVM en el gobierno (p. 2-3).

## **Herramientas de Gestión de Proyectos y Tareas**

Como lo define PMI (2013), un proyecto consiste en un esfuerzo temporal, que tiene inicio y fin, llevado a cabo para generar un producto (p. 3). Todo lo que implica este esfuerzo necesita ser debidamente gestionado para obtener resultados óptimos, este trabajo de gestión genera datos que pueden ser procesados de manera a obtener información relevante para la toma de decisiones. Para esto se puede utilizar herramientas informatizadas que permiten gestionar los proyectos y la información generada a partir de los mismos de una manera más ágil y segura, evitando así la pérdida de información valiosa para el proyecto e incluso, en algunos casos, proveen un enfoque sobre una metodología de gestión específica.

A la fecha de hoy, existe una amplia cantidad de herramientas de gestión de proyectos. Las mismas, pueden ser clasificadas de diferentes maneras, ya sea por el tipo de plataforma en la que se basan, el enfoque metodológico al cual se centran, los requisitos para el uso, etc.

En este análisis, las herramientas de gestión se clasifican principalmente en el tipo de plataforma, en lo que se refiere al tipo de aplicación, más específicamente si son aplicaciones de escritorio o aplicaciones Web. Se ha decidido tener en cuenta como criterio para clasificar las herramientas de gestión de proyectos, el tipo de aplicación, debido a que esto puede impactar en la experiencia del usuario y de esto dependen ventajas como el uso remoto o desventajas como la necesidad de instalar un software en un dispositivo propio, entre otras ventajas y desventajas que serán mejor detalladas a medida que se describa cada herramienta.

De acuerdo a la Guía de Arquitecturas de Aplicaciones de Microsoft, una aplicación web está caracterizada por consistir en una aplicación que puede ser accedida por los usuarios por medio de un navegador Web o algún software similar.

Para acceder a un recurso específico el usuario utiliza un URL (Localizador Uniforme de Recursos) mediante el cual el navegador produce una petición, generalmente del tipo HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertextos). Entonces el servidor devuelve contenido generalmente en formato HTML (Lenguaje de marcas de hipertexto) al cliente, este tipo de páginas puede ser servida por el navegador.

Una aplicación Web puede contener diversas capas donde se puede agrupar diferentes tipos de lógica con un determinado nivel de abstracción, como el estilo de la interfaz, interacciones con el usuario, etc., pero el aspecto más importante de una aplicación Web generalmente es la lógica que se ejecuta del lado del servidor. El tipo de arquitectura, comúnmente utilizado en una aplicación Web suele estar compuesta por, en el lado del cliente, un navegador que es el que realiza el renderizado y en el lado del servidor 3 capas principales: una capa de presentación donde se concentra la lógica relacionada a la interfaz del usuario, una capa de lógica de negocio donde se concentra la lógica relacionada al flujo de trabajo del negocio, a los componentes y entidades del mismo y finalmente una capa de datos donde se gestionan los datos y el acceso a los mismos (Microsoft 2009-2016).  
Por otro lado, con bases en la explicación que propone Eckel (2003), una aplicación de escritorio también conocida como aplicación independiente (stand-alone application) se refiere una aplicación de propósito general que se ejecuta de forma independiente, es decir, sin necesidad de un navegador, sino de la misma manera que un programa ordinario. Una ventaja notoria de las aplicaciones de escritorio es la posibilidad de escribir en el disco, por otro lado, una aplicación Web también puede escribir en el disco de la maquina que actúa como servidor, pero no en el disco del cliente (p.79).

Otro tipo específico de aplicaciones independientes son las aplicaciones móviles, es decir, aplicaciones nativas diseñadas para dispositivos móviles. Las ventajas de este tipo de aplicaciones son: en primer lugar el hecho mismo de que van dirigidas a dispositivos móviles por lo que el contacto con el usuario es potencialmente mayor por cuestiones prácticas, también pueden acceder completamente al dispositivo en el que se ejecuta (en tanto el usuario lo autorice), lo cual puede ser especialmente útil por ejemplo al acceder al GPS (Sistema de posicionamiento global) para brindar al usuario una experiencia personalizada según la ubicación del mismo y aún más importante que puede enviar notificaciones o avisos al usuario.

Sin embargo en este estudio no se contemplarán aplicaciones móviles nativas debido a que las ventajas presentadas por las mismas en algunos casos pueden ser igualadas por aplicaciones Web adaptativas, que son aplicaciones que detectan el tipo de dispositivo en el cual se están ejecutando o renderizando y se adecuan al mismo. Por ejemplo, respecto a las notificaciones y al acceso al dispositivo: actualmente navegadores modernos diseñados para dispositivos móviles permiten que aplicaciones Web envíen notificaciones a los usuarios y también es posible obtener la geolocalización del usuario mediante una aplicación Web.

A continuación el análisis de herramientas existentes se enfocará hacia aspectos como las funcionalidades de las mismas y si las opciones son de uso gratuito o pago. Este análisis es llevado a cabo en el mes de marzo de 2016.

En cuanto al ámbito de escritorio, específicamente herramientas pagas y haciendo un enfoque en las empresas más grandes de desarrollo de software del mundo según la Revista Forbes (2016), se encuentran opciones como la herramienta MS Project de la empresa Microsoft, la misma cuenta con tres versiones. La versión Standard cuya licencia completa cuesta 589,99 dólares, la versión Professional de esta herramienta tiene un costo de 1159,99 dólares, y la versión 365, que consta de una licencia mensual desde 32,99 dólares aproximadamente, 9,99 dólares por Office 365 más 25 dólares por la versión de Project (Microsoft Office, 2016), esta opción permite el acceso desde una cantidad específica de dispositivos (Microsoft Store, 2016) que se asocian a la licencia adquirida, no así desde cualquier dispositivo conectado a internet. Las tres versiones de la herramienta proveen una interfaz que permite la implementación de la gestión del valor ganado, pero no de forma automática ya que requiere configuraciones previas (Microsoft Office, 2016), además del pago en todas estas versiones y las limitaciones respecto al acceso mencionadas anteriormente. Otra herramienta que ofrece la funcionalidad de la gestión del valor ganado es Primavera, de la empresa Oracle, cuyos precios varían entre 1500 dólares hasta más de 12.000 dólares por módulo, incluyendo la licencia de uso, actualizaciones y soporte técnico (Oracle, 2015).

Entre las herramientas investigadas para el ámbito de escritorio, ambas cuentan con versiones  para el sistema operativo Windows (en sus versiones más recientes, Windows 7, Windows 8 y Windows 10) y solo MS Project ofrece la versión para el sistema operativo OS X. Ninguna de las dos herramientas ofrece versiones para la plataforma Linux y sus derivados.

Ya que una aplicación de escritorio generalmente posee varias desventajas frente a una aplicación Web, como la dependencia hacia un sistema operativo, requerimientos de instalación y actualización, la restricción de solo poder trabajar en un dispositivo, limitaciones para el trabajo colaborativo en equipo, a parte de instalar la herramienta deseada se deben instalar las dependencias de la misma, es que se decide enfocar la atención en las aplicaciones basadas en tecnología Web, las cuales permiten subsanar ciertas falencias mencionadas más arriba, por ejemplo: una aplicación web usualmente no requiere ningún tipo de instalación adicional, es decir, la mayoría de los dispositivos ya incluyen un navegador web preinstalado por lo que se puede acceder al recurso online instantáneamente sin tener que lidiar con aspectos relacionados a la plataforma o dependencias similares. Por otro lado en lo que respecta a trabajo colaborativo, esta funcionalidad está disponible en prácticamente la totalidad de las aplicaciones web de herramientas de gestión de proyecto. Además de esto una de las grandes ventajas que presentan las aplicaciones web es la facilidad de acceso que se puede tener a las mismas, ya que se puede utilizar una aplicación web de forma inmediata independientemente del lugar, desde cualquier dispositivo por medio de un navegador web con conexión a internet, o incluso si el dispositivo está conectado a una red local donde uno de sus nodos aloja la herramienta, puede acceder a la misma incluso sin internet.

Teniendo en cuenta las 5 herramientas de gestión de proyectos con más usuarios (Barrish, 2015) y haciendo un enfoque exclusivo en aplicaciones web, se observa en primer lugar la herramienta Atlassian Jira, con alrededor de 30.000.000 de usuarios, esta ofrece el manejo de tareas, trabajo colaborativo, reporte de errores, notificaciones vía correo electrónico, manejo de requisitos, archivos compartidos entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). Esta herramienta es de uso pago, ofrece planes con alojamiento de la herramienta, con costos entre 10 y 1.500 dólares al mes, dependiendo de la cantidad de usuarios, que va desde 10 hasta 2.000 usuarios (Atlasian, 2016). También ofrece la posibilidad de que el usuario gestione por su parte el alojamiento de la herramienta, con planes que implican un solo pago con costos entre 10 y 36.000 dólares con la posibilidad de incluir hasta 10.000 usuarios. Por último ofrece un plan anual entre 12.000 y 450.000 dólares, que provee las funcionalidades para más de 50.000 usuarios (Atlassian, 2016).

En segundo lugar se encuentra MS Project con alrededor de 22.000.000 de usuarios, en este caso no se detallarán las funcionalidades de esta herramienta ya que la misma fue descrita anteriormente y además carece de las ventajas de una aplicación web (que es el enfoque principal de esta parte del estudio) y cuenta con las desventajas de herramientas de escritorio expuestas más arriba.

A continuación, en tercer lugar se observa a Basecamp, con alrededor de 15.000.000 de usuarios, esta herramienta ofrece manejo de tareas, trabajo colaborativo, archivos compartidos, notificaciones via correo electrónico entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). También es una herramienta de uso pago y presenta opciones de 29 dólares por mes por una versión sin limites de usuarios con espacio de almacenamiento limitado, otra versión de 79 dólares por mes que a parte de lo anterior incluye una funcionalidad de información orientada a los clientes. Por último ofrece una versión de 3000 dólares anuales, orientada a empresas (Basecamp, 2016).

En cuarto lugar, con alrededor de 2.500.000 de usuarios se encuentra Podio, que ofrece manejo de tareas, trabajo colaborativo, reporte de errores, archivos compartidos, manejo de costos en el tiempo, entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). Los costos que ofrece van desde 9 hasta 24 dólares para equipos de trabajo pequeños, y con planes especiales para equipos de gran porte (Podio, 2016).

Completando la lista de las 5 herramientas de gestión de proyectos con más usuarios, se encuentra Trello, esta herramienta ofrece manejo de tareas, manejo de presupuesto, trabajo colaborativo, archivos compartidos, notificaciones via correo electrónico, manejo de errores, entre otras funcionalidades (Trello, 2016). Trello se presenta en dos versiones, una gratuita que ofrece la gestión de tareas para un equipo, sin límite de colaboradores. Y la opción Trello Business Class (Trello, 2016) que consiste en un servicio pago de 8,33 dólares por usuario al mes, brindando soporte vía correo electrónico y opciones de seguridad más avanzadas.

Las herramientas Atlassian Jira, Basecamp, Podio y Trello son aplicaciones web, a diferencia de MS Project que es una aplicación de escritorio.

Si se dirige el enfoque hacia las 5 herramientas de gestión de proyectos con más clientes (Barrish, 2015) se encuentra en primer lugar con alrededor de 880.000 clientes, MS Project.

En el segundo lugar se encuentra Wrike, con alrededor de 551.000 clientes, esta herramienta ofrece manejo de tareas, trabajo colaborativo, manejo de errores, cuadros de Gantt, manejo de recursos, archivos compartidos, notificaciones via correo electrónico entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). Wrike ofrece una versión gratuita  hasta 5 usuarios, con ciertas restricciones en los proyectos, a su vez ofrece versiones de pago desde 49 hasta 149 dólares dependiendo de la cantidad de usuarios y sin las restricciones de la versión gratuita. Además ofrece una versión ajustable a las necesidades para empresas (Wrike, 2016).

A continuación en el tercer lugar de esta lista, con alrededor de 500.000 clientes, se encuentra Podio, cuyas prestaciones y costos ya fueron mencionados anteriormente.

En el cuarto lugar se encuentra la herramienta Teamwork Projects, con 371.000 clientes aproximadamente. Esta herramienta ofrece manejo de tareas, manejo de presupuesto, trabajo colaborativo, archivos compartidos, notificaciones via correo electrónico, manejo de errores, cuadros de Gantt, manejo de pruebas, entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). Teamwork es una herramienta de uso pago, ofrece planes desde 14,40 hasta 298,80 dólares, dependiendo de la cantidad de proyectos y el espacio de almacenamiento requeridos (Teamwork, 2016).

En el quinto lugar entre las 5 aplicaciones con más clientes se encuentra Freedcamp, con aproximadamente 340.000 clientes. La herramienta ofrece manejo de tareas, trabajo colaborativo, archivos compartidos, notificaciones via correo electrónico entre otras funcionalidades (Barrish, 2015). Freedcamp ofrece una versión gratuita con prestaciones limitadas en cuanto al manejo de tareas, ofreciendo ciertas funcionalidades extras con costo adicional, los cuales dependen de la funcionalidad específica (Freedcamp, 2016).

Además de las herramientas mencionadas existen muchas otras, algunas están enfocadas a las metodologías ágiles, como IceScrum (IceScrum, 2016), pero, en general, ninguna presenta un enfoque explícito al conjunto de buenas prácticas definidas en la Guía del PMBOK.

PMBOK es una guia para proyectos de cualquier naturaleza, muchas de las herramientas investigadas son exclusivas para proyectos de una naturaleza específica, por ejemplo el desarrollo de software, tal es el caso de herramientas como Gitlab, Github y Bitbucket. Estas se dejan de lado justamente debido a su naturaleza enfocada a proyectos de software unicamente, lo cual no permite que sean utilizadas para otros tipos de proyecto.

Entre las herramientas web analizadas, tanto de pago como gratuitas, no se han encontrado opciones que ofrezcan la gestión del valor ganado como una funcionalidad por defecto.

Por medio de este análisis de herramientas existentes, es que se determina la necesidad de un gestor de proyectos que provea la gestión del valor ganado, con bases en las buenas prácticas definidas en PMBOK. Mediante la gestión del valor ganado, se pueden generar proyecciones del estado de los proyectos, obteniendo así una visión más completa de estos, no solo enfocada en el cronograma de las tareas, sino también en el control sobre los costos estimados y reales, y el desempeño en las mismas. Esta integración genera información útil para la toma de decisiones y ayuda al proceso de evaluación constante del proyecto, permitiendo la detección temprana de problemas relacionados a los costos principalmente (Nai-Chieh, W., Chiao-Ping, B., Shun-Yuan, Y., & Pao-Sheng, W., 2016). Todo esto sin necesidad de tener que realizar la gestión del valor ganado manualmente ni tener que habilitarla, sino que la misma se realice automáticamente a medida que el usuario gestiona el proyecto por medio de la información provista por el mismo.

El objetivo principal de esta herramienta es la plataforma web, con características amigables a la plataforma móvil. Esta combinación permitirá que los usuarios realicen trabajo en equipo, desde cualquier lugar con acceso a internet o una red local en donde uno de sus nodos aloje la herramienta, independientemente al sistema operativo e incluso al dispositivo que posean, de forma gratuita y con la opción de realizar las mejoras que consideren necesarias mediante la liberación de la herramienta como código abierto.

# **Marco metodológico**

Para la elaboración del presente trabajo final de grado y el desarrollo de la herramienta propuesta, se optó por la metodología ágil Scrum, la cual consiste en un proceso en el que se aplican regularmente un conjunto de buenas prácticas para trabajar en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto.

Siguiendo lo establecido por el Manifesto Agil (2001), Scrum prioriza las entregas de partes funcionales en periodos cortos que denomina Sprints. Algunos beneficios de esta técnica son que se cuenta rápidamente con entregables funcionales, se mantienen alineados los objetivos del proyecto con los objetivos del equipo de trabajo, disminución del costo de corrección de errores, entre otros (IBM Developer Works, 2010). A su vez se combina esta metodología con las buenas prácticas establecidas en la guía del PMBOK, tales como el análisis y evaluación de los objetivos, la planeación de la ejecución de las tareas, el manejo adecuado de los recursos disponibles, la evaluación constante de los entregables generados, entre otras. El objetivo de esta combinación es la obtención rápida de partes funcionales que puedan evaluarse y de esta forma determinar si existen errores lo más pronto posible, para así evitar grandes atrasos en el proyecto, y garantizar la calidad del producto final.

## **Herramientas**

Las herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación fueron:

* Ruby on Rails: Framework de desarrollo web gratuito, basado en el patrón MVC, de código abierto bajo la licencia MIT, gratuito, con más de 3000 contribuyentes que aportan mejoras al framework en su repositorio publico (Github, 2016).
* PostgreSql: Motor de base de datos SQL relacionales transaccionales, de código abierto, multiplataforma y gratuito. Mundialmente utilizado, con más de 25 años de desarrollo, incluye manejo de concurrencia, soporte nativo para replicación de base de datos (PostgreSQL, 2016).
* Docker: Aplicación gratuita multiplataforma de código abierto para automatización de despliegues. Orientado a los microservicios y basado en la virtualización y el aislamiento de servicios (Docker, 2016).
* Git: Gestor de control de versiones distribuido gratuito y de código abierto, a diferencia de otros gestores de versiones, provee una capa intermedia conocida como “Staging Area” (git add) que permite la revisión del código antes de comprometerlo (git commit) (Git, 2016).
* Gitlab: Repositorio gratuito de código fuente (Gitlab, 2016).
* Digital Ocean: Proveedor de uso pago de servidores en la nube (DigitalOcean, 2016).

Para demostrar la aplicación de la metodología del valor ganado es que se aplicó la misma al desarrollo del trabajo final de grado. Para el efecto, la primera tarea fue el despliegue de una herramienta básica que permita el registro y asignación de tareas, permitiéndonos almacenar los datos necesarios para posteriormente, luego de implementar todas las funcionalidades definidas como parte de este trabajo, usar estos datos como entradas para la gestión del valor ganado.

La estimación para las tareas del proyecto está basada en puntos de historia e historias de usuarios. Se optó por esta técnica debido a la experiencia previa de los miembros del equipo  trabajando con la misma y por las ventajas que provee. Los puntos de historia consisten en estimativas del esfuerzo que implica realizar una tarea. De acuerdo a Cohn (2014), fundador de Mountain Goat Software, la ventaja más importante que ofrece esta técnica es que permite equilibrar el esfuerzo según las capacidades de los miembros del equipo. Las historias de usuario son descripciones sencillas de la tarea desde el punto de vista del usuario o la persona que desea la funcionalidad. Su propósito es mantener el enfoque en lo que el usuario espera obtener(Mountain Goat Software, 1998-2016). Las historias de usuario permiten agilizar el desarrollo ya que las mismas son fácilmente entendibles y proveen de libertad creativa al equipo de desarrollo estableciendo lo que se necesita pero no el modo en que debe realizarse.

## **Planeamiento de Sprints**

### **Sprint #1**

Trabajo realizado:

* Investigación y prueba de librerías para el desarrollo de la herramienta.

Duración: 3 semanas.

Inicio: 3 de febrero de 2016.

Fin: 26 de febrero de 2016.

### **Sprint #2**

Trabajo realizado:

* Investigación de herramientas existentes.
* Puesta a punto y despliegue de la herramienta básica de control de tareas en un servidor en la nube (versión 0.0.1).

Duración: 2 semanas.

Inicio: 1 de marzo de 2016.

Fin: 16 de marzo de 2016.

### **Sprint #3**

Trabajo realizado:

* Redacción del estado del arte.
* Redacción de conceptos fundamentales.

Duración: 3 semanas.

Inicio: 17 de marzo de 2016.

Fin: 6 de abril de 2016.

### **Sprint #4**

Trabajo realizado:

* Creación de datos iniciales de la herramienta.
* Redacción del marco metodológico.

Duración: 3 semanas.

Inicio: 13 de abril de 2016.

Fin: 4 de mayo de 2016.

### **Sprint #5**

Trabajo realizado:

* Documentación de la gestión del valor ganado parte I:
  + Elementos fundamentales.
  + Técnicas de medición.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 6 de mayo de 2016.

Fin: 20 de mayo de 2016.

### **Sprint #6**

Trabajo realizado:

* Documentación de la gestión del valor ganado parte II:
  + Relación entre los elementos fundamentales.
  + Variaciones, índices y proyecciones.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 21 de mayo de 2016.

Fin: 6 de junio de 2016.

Primera entrega parcial: 7 de junio de 2016.

### **Sprint #7**

Trabajo realizado:

* Implementación del backend de la gestión del valor ganado.
  + Manejo de fechas estimativas.
  + Manejo de AC, PV.
  + Filtros de búsqueda.
  + Opciones de gestión del EVM.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 14 de junio de 2016.

Fin: 28 de junio de 2016.

### **Sprint #8**

Trabajo a realizar:

* Manejo de datos iniciales en ingles y español (anteriormente solo los implementamos en español).

• Despliegue de la versión 0.1.1 en el servidor de pruebas.

* Mejoras para los entornos de desarrollo y producción.
* Actualización de datos de las tareas referentes a fechas estimadas y costos reales de las mismas.
* Implementación del backend de la gestión del valor ganado.
  + Cálculo de EV, índices y variaciones.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 29 de junio de 2016.

Fin: 13 de julio de 2016.

### **Sprint #9**

Trabajo a realizar:

* Implementación del  frontend de la gestión del valor ganado.
  + Corrección de errores en campos de la vista show de peticiones.
* Implementación del backend del flujo de la herramienta.
  + Definición e implementación de transición de estados para tareas.
  + Actualización de datos de fechas estimadas y reales al cambiar de estado y viceversa.
* Documentación del flujo de la herramienta.
  + Documentación de la transición de estados para las tareas.

Duración: 3 semanas.

Inicio: 18 de julio de 2016.

Fin: 8 de agosto de 2016.

Segunda entrega parcial: Agosto 2016.

### **Sprint #10**

Trabajo a realizar:

* Implementación de la funcionalidad de etiquetas para peticiones y wiki.
* Corrección de problema al seleccionar ciertas configuraciones de EVM para el proyecto.
* Definidos estrictamente los idiomas soportados (inglés y español).
* Adición de turbolinks.
* Mejora en la estructura del proyecto (separación de modelos principalmente).
* Restricciones en las peticiones no estimadas.
* Despliegue de la versión 0.1.3 de la herramienta en el servidor de pruebas.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 9 de agosto de 2016.

Fin: 23 de agosto de 2016.

### **Sprint #11**

Trabajo a realizar:

* Documentación de la funcionalidad de EVM (flujo de datos y puntos).
* Definición e implementación de transición de estados para hitos.
* Documentación de la transición de estados para los hitos.
* Despliegue de la versión 0.1.4 de la herramienta en el servidor de pruebas.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 26 de agosto de 2016.

Fin: 9 de septiembre de 2016.

### **Sprint #12**

Trabajo a realizar:

* Corrección de errores en ejecuciones en segundo plano.
* Documentación de la funcionalidad de administrador de la herramienta.
* Mejoras en el entorno de desarrollo y producción (instalación de dependencias según necesidades del motor de base de datos seleccionado, inclusión de librerías faltantes).
* Documentación histórica de EVM.
* Corrección de validaciones de usuario asignado para cambios de estado de una petición.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 12 de septiembre de 2016.

Fin: 26 de septiembre de 2016.

### **Sprint #13**

Trabajo a realizar:

* Documentación histórica de EVM.
* Mejoras en las configuraciones por defecto (separación de seeds por modelo, uso de I18n en los seeds).

Duración: 2 semanas.

Inicio: 28 de septiembre de 2016.

Fin: 12 de octubre de 2016.

### **Sprint #14**

Trabajo a realizar:

* Migración de Digital Ocean a Amazon Web Services.

Duración: 2 semanas.

Inicio: 24 de octubre de 2016.

Fin: 7 de noviembre de 2016.

### **Sprint #15**

Trabajo a realizar:

* Proyección de fecha estimativa de fin del proyecto.
* Funcionalidad de restaurar las configuraciones de fábrica

Duración: 2 semanas.

Inicio: 14 de noviembre de 2016.

Fin: 31 de octubre de 2016.

Trabajo a realizar:

* Revisiones y correcciones finales.

Duración: 2 semanas.

Tercera entrega parcial: Noviembre 2016.

Entrega final: algún dia 201.

# **Datos iniciales**

## **Roles iniciales**

El Project Management Institute (2013) describe al role como "la función asumida por o asignada a una persona en el ámbito del proyecto" (p. 264). En los proyectos, cualquiera sea su naturaleza, existen distintas funciones que pueden cumplir o llevar a cabo los miembros del mismo. Los roles que se identifican como recurrentes en la mayoría de los proyectos son:

### **Director de proyecto:**

Es la persona encargada de liderar al equipo de trabajo para alcanzar los objetivos definidos en el proyecto. Tiene bajo su responsabilidad la identificación de requisitos, el establecimiento de las comunicaciones adecuadas con los interesados del proyecto, la evaluación del alcance, la determinación de los recursos necesarios para la ejecución y la identificación de riesgos del proyecto entre otros aspectos (Project Management Institute, 2013, p. 6).

Según PMI (2013) el director de proyecto debe:

* Estar capacitado en el área de la dirección de proyectos.
* Ser capaz de resolver conflictos.
* Poseer facilidad en la comunicación.
* Demostrar aptitudes para el trabajo en equipo.
* Tener habilidades de negociación.
* Transmitir confianza.
* Mantener un nexo entre el equipo de trabajo y los interesados del proyecto.

Estas habilidades le permitirán conducir y motivar al equipo para alcanzar el éxito del proyecto (p. 16 - 18).

En la herramienta, el director de proyecto cuenta con permisos para:

* Crear/editar/eliminar tareas.
* Asignar tareas.
* Agregar/editar/eliminar roles.
* Agregar/eliminar miembros.
* Asignar roles.
* Crear/editar/eliminar documentos.
* Crear/editar/eliminar wikis.
* Ver wikis.
* Acceder al calendario.
* Editar las configuraciones del proyecto.
* Acceder a la sección de valor ganado.
* Generar proyecciones mediante el valor ganado.
* Agregar/eliminar archivos.
* Comentar en tareas.
* Cambiar estado de tareas.
* Agregar/editar/eliminar noticias.
* Ver noticias.
* Comentar en noticias.

### **Interesado**

PMI (2013) señala que:

Un interesado es un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado, o percibirse así mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. Los interesados pueden participar activamente en el proyecto o tener intereses a los que puede afectar positiva o negativamente la ejecución o la terminación del proyecto (p. 30).

En este grupo están incluidos los inversionistas (stakeholders) del proyecto, clientes, usuarios, entre otros. La participación de los miembros de este grupo puede variar de acuerdo a cada persona, y a lo largo del ciclo de vida del proyecto, es por eso que la identificación de los mismos es un proceso continuo. La influencia de este grupo puede tener tanto un impacto positivo como negativo, por lo que es de suma importancia la buena comunicación con los mismos. El director del proyecto es el principal nexo entre el equipo de trabajo y este grupo (PMI, 2013, p. 30 - 32).

El aspecto más importante con respecto a este grupo es mantener una comunicación fluida con los mismos, es por eso que desde la herramienta se pretende facilitar en la mayor medida posible la comunicación con los mismos para mantenerlos informados de los cambios y avances a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En la herramienta, el rol de interesado cuenta con permisos para:

* Ver noticias.
* Comentar en noticias.
* Ver tareas.
* Ver proyecciones generadas mediante la técnica del valor ganado.
* Acceder al calendario.

### **Gestor de recursos humanos (RRHH)**

Según el Project Management Institute (2013) el gestor de recursos humanos es la persona encargada de identificar y documentar las responsabilidades de los miembros del proyecto. Si bien se definen roles básicos iniciales, cada proyecto, dependiendo de su naturaleza puede requerir roles con responsabilidades específicas, que deben ser debidamente documentados. La correcta administración y asignación de tareas a los recursos humanos es un requisito de alta importancia para el éxito del proyecto (p. 258 - 259).

En la herramienta, el rol de RRHH cuenta con permisos para:

* Crear tareas.
* Asignar tareas.
* Agregar/eliminar miembros.
* Asignar roles.
* Acceder al calendario.
* Acceder a la sección de valor ganado.
* Generar proyecciones mediante el valor ganado.
* Crear/editar wikis.
* Ver wikis.
* Crear documentos.
* Agregar archivos.
* Comentar en tareas.
* Ver noticias.
* Agregar noticias.
* Comentar en noticias.

### **Supervisor**

La función del supervisor está directamente ligada a la gestión de la calidad del proyecto. El concepto de PMBOK de calidad no solo se limita al entregable del proyecto, sino a toda la gestión del proyecto, y además está relacionado a los estándares de calidad de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Algunos puntos que el supervisor debe tener en cuenta son:

* La satisfacción del cliente: Enfocar el proceso para cumplir las expectativas del cliente, basandose en la evaluación de requisitos, asegurando que el proyecto produzca aquello para lo cual fue emprendido.
* La mejora continua: Este concepto está basado en el ciclo de planificar-hacer-verificar-actuar (PDCA). Que según la definición de Shewhart, modificada por Deming, es la base para la mejora de la calidad.
* Responsabilidad de la Dirección: Para cumplir el objetivo del proyecto con exito se requiere de la participacion de todos los miembros del equipo, pero recae en la dirección la responsabilidad de poner a disposición del equipo los recursos necesarios y adecuados para la correcta ejecución del proyecto.
* Costo de la Calidad (COQ): Se refiere al costo que tiene no realizar las tareas de forma correcta. El esfuerzo compensatorio para resolver los errores generados por una tarea o un proceso mal desarrollado (PMI, 2013, p. 227 - 229).

Estos puntos son de vital importancia a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y deben ser debidamente atendidos.

En la herramienta, el rol de supervisor cuenta con permisos para:

* Comentar tareas.
* Cambiar estado de tareas.
* Asignar tareas.
* Acceder al calendario.
* Acceder a la sección de valor ganado.
* Generar proyecciones mediante el valor ganado.
* Crear/editar wikis.
* Ver wikis.
* Crear documentos.
* Agregar archivos.
* Ver noticias.
* Agregar noticias.
* Comentar en noticias.

### **Realizador**

Se puede identificar al realizador como el responsable de la ejecución de una tarea (PMI, 2013, p. 262). Según el proyecto, el proceso de ejecución de una tarea puede implicar la documentación de la solución llevada a cabo. Se pueden definir roles más específicos según la naturaleza del proyecto, por ejemplo en un proyecto de software se podrían tener los siguientes: programador, analista de sistemas, administrador de base de datos, encargado de servidores, diseñador, entre otros.

En la herramienta, el rol de realizador cuenta con permisos para:

* Comentar tareas.
* Cambiar estado de tareas.
* Crear/editar wikis.
* Ver wikis.
* Crear documentos.
* Agregar archivos.
* Acceder al calendario.
* Ver noticias.
* Comentar en noticias.

La herramienta provee estos roles como roles iniciales, promoviendo la adopción de los mismos en el equipo de trabajo siguiendo la estructura organizacional planteada por PMBOK.

### **Administrador**

Además, la herramienta provee la funcionalidad de usuario Administrador, el cual tiene permisos para acceder a todos los proyectos y operar sobre ellos, sin la posibilidad de que se le asignen peticiones, por lo tanto no es un rol estrictamente relacionado a PMBOK, sino que está ligado al manejo de la herramienta.

La herramienta permite, además, que el usuario cree los roles que considere necesarios para su proyecto, estos pueden ser asignados de forma combinada a cualquiera de los miembros del equipo, por ejemplo un miembro puede contar con los roles de Supervisor y Realizador al mismo tiempo, lo cual le otorga más permisos sobre la herramienta.

## **Organización de la estructura de desglose del trabajo (EDT) inicial**

En la fase de planificación del proyecto, a menudo se analiza la información necesaria para descomponer los entregables del proyecto en componentes más pequeños a fin de crear una EDT eficaz. Según PMI (2013) la "EDT se puede estructurar como un esquema, como un organigrama, o mediante otro método que represente un desglose jerárquico" (p. 131). Siguiendo la estructuración de la EDT propuesta por PMBOK, e independientemente del rubro al cual pertenece el proyecto, se puede generalizar a los elementos de este esquema en:

### **Hitos**

Según el Project Management Institute (2013)

un hito es un punto o evento significativo dentro del proyecto. Una lista de hitos consiste en un listado en que se identifican todos los hitos del proyecto y se indica si éstos son obligatorios, como los exigidos por contrato, u opcionales, como los basados en información histórica. Los hitos son similares a las actividades normales del cronograma, presentan idéntica estructura e idénticos atributos, pero tienen una duración nula, ya que representan un momento en el tiempo (p. 153).

Un hito agrupa un conjunto de tareas hijas que implican el trabajo necesario para completar o alcanzar el hito en cuestión.

### **Tareas**

Corresponde a una actividad manejable, que consta de datos como fecha de inicio y fin, una descripción detallada del alcance de la misma, un responsable de su ejecución, su costo, estado en que se encuentra, entre otros.

DESCRIBIR LOS CAMPOS DE CADA UNO Y CUALES SON OBLIGATORIOS

## **Estados iniciales**

Los estados se refieren a la situación en la que se encuentra una petición específica. Estos permiten obtener información relativa a la completitud de los entregables del proyecto. Los estados que la herramienta provee son:

### **Nueva**

Corresponde a una tarea cuya ejecución no se está llevando a cabo, y cuyas especificaciones aún está pendientes.

### **En progreso**

Corresponde a una tarea que está siendo llevada a cabo por el realizador asignado a fin de cumplir con las especificaciones definidas.

### **En evaluación**

Corresponde a una tarea cuyas especificaciones fueron cumplidas por el realizador y está pendiente de evaluación o en proceso de evaluación por el supervisor.

### **Cerrada**

Corresponde a una tarea que se considera que cumple con todos los requisitos definidos en su especificación. Las tareas con este estado son utilizadas en el cálculo del valor ganado y sus índices derivados.

### **Rechazada**

Corresponde a una tarea que fue descartada. No se contabiliza para el cálculo del valor ganado.

## **Prioridades iniciales**

La RAE (2014) define el término prioridad como la "anterioridad de algo respecto de otra cosa, en tiempo o en orden". Este concepto se aplica en la identificación y planeación de tareas de un proyecto. Una vez que las tareas han sido definidas, se procede al establecimiento de las prioridades de las mismas. Este proceso es de suma importancia ya que sirve para la identificación de tareas de mayor significación para el proyecto. Las prioridades establecidas como iniciales en la herramienta son:

* Baja.
* Normal.
* Alta.
* Critica.

Normalmente son atendidas con anterioridad las tareas de prioridad crítica, seguidas por las de alta prioridad, luego las normales y por último las que cuentan con la prioridad baja.

También se permite al usuario agregar otras prioridades que considere necesarias para el desarrollo de su proyecto.

## **Tipo de actividades iniciales**

A lo largo del proyecto, el tipo de actividades que se llevan a cabo durante el ciclo de vida varian. PMI (2013) define la siguiente estructura genérica para representar este ciclo:

* Inicio del proyecto.
* Organización y preparación.
* Ejecución del trabajo.
* Cierre del proyecto (p. 38).

El Project Management Institute (2013) indica que "es importante destacar que el ciclo de vida del proyecto es independiente del ciclo de vida del producto producido o modificado por el proyecto" (p. 39).

Con base en esta estructura genérica es que se definen ciertos tipos de actividades aplicables a cualquier proyecto sin importar la naturaleza del mismo:

* Planeación: Se refiere a la actividad de definición de herramientas a utilizar para el desarrollo de la tarea.
* Desarrollo: Se refiere a la ejecución misma de la tarea. Por ejemplo si se trata de un proyecto de construcción en donde se definen tareas como colocación de aberturas, el encargado de la misma seleccionara la actividad desarrollo para indicar que se dedicó a la colocación de las aberturas en cuestión.
* Investigación: Se refiere a la actividad de búsqueda de información y/o estrategias necesarias para llevar a cabo la tarea.
* Documentación: Se refiere a la actividad de dejar constancia de información útil para la evaluación posterior de la tarea.
* Pruebas: Se refiere a la actividad de verificar lo producido, corroborar qué resultado produce.
* Evaluación: Se refiere a la actividad de control de lo producido, para determinar si cumple con los requisitos establecidos.

# **Gestión del Valor Ganado**

En lo que respecta a la gestión del proyecto, la retroalimentación, es decir, la capacidad de poder obtener respuestas que representen reacciones a las acciones tomadas durante la gestión, es de valiosa utilidad para alcanzar los objetivos del proyecto. El Project Management Institute (2005) considera que una retroalimentación periódica y programada permite que los gestores de proyectos puedan identificar problemas de forma temprana y hacer ajustes que permitan que el proyecto se mantenga dentro de lo planificado tanto respecto al tiempo como al presupuesto. La Gestión del Valor Ganado, ha demostrado ser una de las herramientas de medición de rendimiento y retroalimentación más efectivas para la gestión de proyectos (p. 1).

El Project Management Institute (2005) señala que la Gestión del Valor Ganado (EVM) utiliza el principio fundamental que dictamina que los patrones y tendencias del pasado pueden ser buenos factores de predicción del futuro (p. 1). Los cálculos utilizados en la gestión del valor ganado contemplan el historial del proyecto respecto al rendimiento, tanto en términos de presupuesto como en términos de cronograma. De manera que si durante el desarrollo del proyecto ocurren variaciones, se presume que estas variaciones pueden volver a ocurrir, creando así una tendencia. Las variaciones, en el caso de afectar el cronograma, pueden ser tanto un adelanto del trabajo planificado como un retraso del mismo. Así también las variaciones  pueden ser respecto al presupuesto, es decir que una tarea resulte tener un costo mayor o menor al presupuestado.

Sin embargo la gestión del valor ganado también puede ser utilizada para contemplar situaciones excepcionales, es decir, presuponer que las variaciones ocurridas no se vuelvan a repetir hasta la finalización del proyecto.

El PMI (2005) menciona también interrogantes que pueden ser contestadas con ayuda de la gestión del valor ganado:

EVM provides organizations with the methodology needed to integrate the management of project scope, schedule, and cost. EVM can play a crucial role in answering management questions that are critical to the success of every project, such as:

● Are we ahead of or behind schedule?

● How efficiently are we using our time?

● When is the project likely to be completed?

● Are we currently under or over our budget?

● How efficiently are we using our resources?

● What is the remaining work likely to cost?

● What is the entire project likely to cost?

● How much will we be under or over budget at the end?

If the application of EVM to a project reveals that the project is behind schedule or over budget, the project manager can use the EVM methodology to help identify:

● Where problems are occurring

● Whether the problems are critical or not

● What it will take to get the project back on track.

Estas interrogantes pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

* Por un lado lo que respecta al cronograma del proyecto. Responder estas interrogantes puede ayudar a tener una visión rápida del estado del proyecto respecto a lo planificado cronológicamente y mediante esta visión poder realizar mediciones e incluso evaluaciones:
  + ¿El proyecto se encuentra adelantado o retrasado respecto al cronograma?
  + ¿Que tan eficientemente se está utilizando el tiempo?
  + ¿Cuando se estima que se termine el proyecto?
* Por otro lado respecto a la línea base de costos y más específicamente en lo que respecta al presupuesto del proyecto. Las respuestas a estas interrogantes son especialmente útiles para poder definir y respaldar aspectos claves de la situación actual del proyecto respecto a lo que se pretendía costear. Finalmente esta información también sirve para auxiliar evaluaciones y mediciones del estado del proyecto en comparación a la línea base de costos:
  + ¿Ha habido un ahorro o un sobrecosto respecto al presupuesto del proyecto?
  + ¿Qué tan efectivamente se están utilizando los recursos del proyecto?
  + ¿Cuánto se estima que cueste el trabajo faltante para la finalización del proyecto?
  + ¿Cuánto se estima que cueste el proyecto en su totalidad?
  + ¿Qué tanto se estima que se ahorrará o excederá el presupuesto al finalizar el proyecto?

Así mismo en el caso de que se detecten problemas en el proyecto, es decir, que el proyecto presente retrasos respecto al cronograma o que se haya excedido el presupuesto del proyecto, se puede utilizar la metodología de gestión del valor ganado como herramienta auxiliar en el proceso de identificación en lo que se refiere a estos problemas. Por ejemplo:

* Dónde se originan estos problemas.
* Si los problemas son críticos o no.
* Qué será necesario para volver a encaminar el proyecto.

En la sección de Conceptos Fundamentales se define en que consiste la Gestión del Valor Ganado. En este punto es pertinente volver a la misma y detallar cada uno de sus componentes.

Según PMI (2013) la Gestión del Valor Ganado, también conocida como EVM por sus siglas en inglés de Earned Value Management, consiste en una metodología que describe el estado del proyecto, evaluando el avance y desempeño del mismo, al procesar informaciones obtenidas de las medidas de alcance, cronograma y recursos (p. 217).

Con la información resultante de la gestión del valor ganado se puede analizar el estado del proyecto de forma integral, pero así también en relación al cronograma, rendimiento y presupuesto del mismo. Estos análisis son particularmente convenientes para asistir al director de proyecto en la toma de decisiones e incluso en algunos casos respaldar las decisiones tomadas por el mismo.

El Project Management Institute (2013) describe a la gestión del valor ganado de la siguiente manera:  "Es una técnica de dirección de proyectos que requiere la constitución de una línea base integrada con respecto a la cual se pueda medir el desempeño a lo largo del proyecto" (p. 217).

Esta línea base integrada se obtiene al integrar la línea base de costo, que es básicamente un conjunto de información organizada sobre los costos del proyecto, como por ejemplo el presupuesto del proyecto, con la línea de base del cronograma, la cual incluye entre otras informaciones una estructura de desglose de trabajo básica, y así también con la línea base del alcance del proyecto. Como se dijo anteriormente esta línea base integrada permite finalmente medir el desempeño, con lo cual es más fácil realizar una evaluación del avance del proyecto (Project Management Institute, 2013, p. 217).

En resumen, la gestión del valor ganado sirve como herramienta auxiliar para una buena gestión de proyectos para facilitar procesos muy importantes como la planificación, control de costos y el rendimiento del presupuesto (PMI, 2005, p. 6). La práctica de la gestión del valor ganado, incluye por lo tanto:

* Establecer una medida del rendimiento de la línea base.
* Descomponer el alcance del trabajo a un nivel manejable.
* Asignar responsabilidades no ambiguas.
* Desarrollar un presupuesto por cada tarea.
* Seleccionar técnicas de medición del valor ganado para todas las tareas.
* Mantener la integridad de la medida del rendimiento de la línea base.
* Medir y analizar el rendimiento contra la línea base.
* Medir objetivamente el progreso del trabajo.
* Analizar y pronosticar el rendimiento de costo/cronograma.
* Reportar problemas de rendimiento y tomar acciones (PMI, 2005, p. 6).

Estos puntos anteriormente citados son actividades necesarias para la implementación de la gestión del valor ganado y a su vez la mayoría de estas actividades se pueden considerar como buenas prácticas de la gestión de proyectos.

Según PMI (2005 - 2013) los fundamentos de la gestión del valor ganado son siempre los mismos y se pueden aplicar a cualquier proyecto, independientemente del tipo, naturaleza, tamaño del mismo, o del sector en el cual se centra el proyecto.

A continuación se describen los elementos fundamentales que componen la gestión del valor ganado.

## **Valor Planificado**

El Valor Planificado también conocido como PV por sus siglas en inglés de Planned Value, es descrito por el Project Management Institute (2013) como una medida de que tan avanzado se supone que esté el trabajo del proyecto dado cualquier punto del cronograma del proyecto (p. 218). Es un valor numérico que refleja el presupuesto autorizado asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad del proyecto o un componente de la estructura de desglose del trabajo del mismo (PMI, 2005, p. 7), sin tener en cuenta cualquier tipo de reserva de gestión, es decir, es el valor que se espera que cueste la actividad sin ningún tipo de incremento de cautela o provisión. El Project Management Institute (2005 - 2013) manifiesta que el Valor Planificado es además la línea base establecida, también conocida como línea base de medición del rendimiento o PMB por sus siglas en inglés Performance Mesurement Baseline, contra la cual se realiza una comparación para medir el progreso real del proyecto. Una vez que se establece esta línea base sólo se pueden realizar modificaciones en la misma si son modificaciones que reflejen cambios en el cronograma y en el costo o presupuesto, esto puede darse en caso de que sean necesarios cambios en el alcance del trabajo (PMI, 2005 - 2013).  Según el Project Management Institute (2005 - 2013) el Valor Planificado en un presupuesto que se adjudica por cada fase a lo largo del proyecto, pero en un momento determinado o un punto dentro del cronograma, por lo que el PV también establece el trabajo que se debería haber realizado hasta ese momento. La suma de todos estos momentos en los que se planifica un valor, es decir, el valor planificado total para el proyecto, se conoce como presupuesto hasta la conclusión o BAC por sus siglas en inglés Buget At Conclusion (PMI, 2005 - 2013).

## **Valor Ganado**

El PMI (2005 - 2013) establece que el Valor Ganado, también conocido como EV por sus siglas en inglés de Earned Value, es la medida del progreso del trabajo en un punto del cronograma en términos del presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es la relación entre el presupuesto autorizado asociado con el trabajo que se ha completado en un momento específico.

El EV también es conocido como BCWP por sus siglas en inglés de Budgeted Cost of Work Performed, es decir, costo presupuestado del trabajo realizado ya que refleja la cantidad de trabajo que ha sido consumado hasta la fecha (o en un periodo dado), expresado como el valor planificado para ese trabajo (PMI, 2005, p. 8). Un factor importante para establecer el EV es tener criterios de medición del progreso de los elementos que integran la Estructura de Desglose de Trabajo, esto facilita la evaluación que permite medir el trabajo en curso. Es importante el constante monitoreo del EV, ya sea el EV individual de cada componente de la EDT o  del total acumulado para determinar el estado actual del proyecto, tanto respecto a presupuesto como al cronograma y establecer tendencias respecto al desempeño.

## **Costo Real**

El Costo Real, también conocido como AC por sus siglas en inglés de Actual Cost y ACWP de Actual Cost of Work Performed que significa costo real del trabajo efectuado, es un indicador del nivel de recursos que han sido utilizados para llevar a cabo un trabajo hasta el momento actual o en un periodo específico, lo que se traduce en una medida del costo incurrido para la realización del trabajo medido por el EV. Dada la definición de Costo Real, éste debe ser equivalente a lo que haya sido previamente presupuestado para el PV y así también medido por el EV (PMI, 2005 - 2013).

Un ejemplo de la utilización del Costo Real es: Si para el PV se tuvieron en cuenta los costos indirectos y luego se midieron estos costos en el EV, así también  para el AC se tienen que tener en cuenta los mismos. Esto implica a que siempre debe haber coherencia entre lo planificado y entre lo que se mide en EV y lo que refleja el AC, dado que en el AC se miden todos los costos en los que se incurra para obtener el EV.

## **Técnicas de medición del Valor Ganado**

Existen varias maneras de planificar el trabajo a realizarse y establecer el PV y posteriormente medirlo para obtener el EV y AC. Este proceso de medición puede generar mejores resultados si durante todo el proceso se utiliza una serie de pasos predefinidos especializados para una situación específica, en otras palabras, utilizar siempre una misma técnica de medición del Valor Ganado y del Costo Real para mantener la coherencia. El Project Management Institute (2005) sostiene que estas técnicas usadas en la Gestión del Valor Ganado para alcanzar sus objetivos, son conocidas como técnicas de medición del Valor Ganado, también conocidas como earning and crediting methods, o métodos de medición de ganancia y acreditación (p. 9).

Un ejemplo de esto puede ser: En un proyecto dado, una actividad específica, en este ejemplo se la denominará "Tarea 4", se planifica que el presupuesto de esta tarea será de 72 unidades de recursos. El valor de una unidad de recurso debe ser previamente establecido para que se pueda entender la equivalencia de la misma en otros términos. Este proyecto tiene fases de periodos de 3 meses. Para "Tarea 4" se planea variaciones del Valor Planificado por cada mes, en base a las cuales será posteriormente medido el Valor Ganado. A medida que el trabajo planificado se efectúa, el costo presupuestado por dicho trabajo se convierte en Valor Ganado.

Las tareas que componen la EDT pueden ser planificadas y medidas en cualesquiera unidades de recursos que sean más apropiadas para el trabajo, incluso horas laborales, cantidad de materiales y el equivalente monetario de esos recursos (PMI, 2005, p. 9).

Durante el proceso de planificación se seleccionan las técnicas de medición del trabajo efectuado, las mismas son la base  de la medición del desempeño durante el los procesos de ejecución y control del proyecto.

Las técnicas de medición del Valor Ganado deben ser seleccionadas en base a los atributos claves del trabajo a ser realizado. En primer lugar se debe tener en cuenta:

1. la duración del esfuerzo y
2. el nivel de tangibilidad del producto

Según PMI (2005) el rendimiento de diferentes esfuerzos de trabajo que es relacionado a un producto o servicio tangible y específico completado, el cual puede ser directamente planificado y medido, es denominado esfuerzo discreto (p. 9). Por otro lado, en un proyecto, el esfuerzo aplicado al trabajo que no es fácilmente divisible pero que sí está relacionado en proporción directa a trabajo discreto medible, es denominado esfuerzo repartido o esfuerzo parcial, y las actividades de soporte que no producen productos finales definitivos se conoce como nivel de esfuerzo (PMI, 2005, p. 9).

El rendimiento del trabajo se mide periódicamente, por ejemplo, semanal o mensualmente. La técnica de EV seleccionada para medir el rendimiento del esfuerzo discreto dependerá de su duración y el número de periodos de medición que abarca (PMI, 2005, p. 10).

El Project Management Institute (2005) manifiesta que los esfuerzos discretos que abarcan uno o dos períodos a menudo se miden con técnicas de fórmula fija, donde un porcentaje fijo de rendimiento en el trabajo se acredita en el inicio de los trabajos y el porcentaje restante se abona al finalizar los trabajos (p. 10).

Los esfuerzos discretos de mayor duración (más de dos períodos) se miden con otras técnicas, incluyendo los conocidos como hito ponderado (weighted milestone) y el porcentaje completado. A continuación se describe más detalladamente éstas y otras técnicas de medición de EV (PMI, 2005, p. 10).

### **Fórmula fija**

De acuerdo con el Project Management Institute (2005) un ejemplo típico de fórmula fija es la técnica de 50/50. Con este método, el 50 por ciento del trabajo se atribuye por completo para el periodo de medición en el que comienza el trabajo, independientemente de la cantidad de trabajo que realmente se ha logrado. El 50 por ciento restante se acredita cuando se ha completado el trabajo. Otras variaciones del método de fórmula fija incluyen 25/75 y 0/100. Las técnicas de fórmula fija se utilizan con mayor eficacia en las tareas pequeñas y de corta duración.

### **Hito ponderado**

La técnica de hitos ponderado, también conocida como Milestone Ponderado o Weighted Milestone,  divide el trabajo a realizar en segmentos, cada segmento de trabajo terminado representa a un hito observable. A continuación, se asigna un valor a la consecución de cada hito. La técnica de hitos ponderados es más adecuada para tareas de mayor duración que tienen los resultados intermedios y tangibles (PMI, 2005, p. 11).

### **Porcentaje completo**

El PMI (2005) sostiene que la técnica de porcentaje completo es una de las más simples y más fáciles de aplicar, pero puede ser la más subjetiva de las técnicas de medición del valor percibido si no hay indicadores objetivos que la respalden. Este es el caso cuando, en cada periodo de medición, el trabajador o gestor responsable hace una estimación del porcentaje del trabajo completo. Estas estimaciones son por lo general para el avance acumulado hecho en contra del plan para cada tarea. Sin embargo, si hay indicadores objetivos que se pueden utilizar para llegar al porcentaje completado (por ejemplo, número de unidades de producto completo dividido por el número total de unidades que deben ser completadas), entonces esta puede ser una técnica más útil (PMI, 2005, p. 11).

### **Esfuerzo prorrateado**

La técnica de esfuerzo prorrateado o esfuerzo repartido, consiste en si una tarea tiene una relación de apoyo o soporte directo a otra tarea que tiene su propio valor ganado, el valor de la tarea de apoyo puede ser determinado con base en (o delimitada según) el valor ganado de esta otra actividad, que sirve como base de referencia (PMI, 2005, p. 11). Ejemplos de este tipo de tareas de soporte incluyen tareas de control de calidad y actividades de inspección, etc.

Por ejemplo: utilizando la técnica de esfuerzo repartido, el director del proyecto podría determinar que el valor de planificación para una tarea de control de calidad es del 10 por ciento del valor de la tarea principal. El total prorrateado del valor previsto para el esfuerzo de control de la calidad relacionado con la tarea principal, por lo tanto, si la tarea principal se planifica que tendrá un esfuerzo de 48, la tarea de control entonces sería de 4,8, que es el 10 por ciento de los 48.

### **Nivel de esfuerzo**

Algunas actividades del proyecto no producen resultados tangibles que se pueden medir de forma objetiva. Los ejemplos incluyen la gestión de proyectos y el funcionamiento de la biblioteca técnica de un proyecto. De acuerdo a lo establecido por PMI (2005) estas actividades consumen recursos del proyecto y deben ser incluidas en la planificación y la medición de EVM. En estos casos, la técnica de medición del Valor Ganado de nivel de esfuerzo, también conocida como LOE, por sus siglas en inglés de Level Of Effort, se utiliza para la determinación del valor ganado. Un PV es asignado por cada tarea de LOE por cada periodo de medición. Este PV es acreditado como Valor Ganado automáticamente al final del periodo de medición. LOE debe utilizarse sólo cuando la tarea no se presta a una técnica que mide realmente el progreso del trabajo físico (PMI, 2005, p. 11 - 12).

## **Relación entre los elementos fundamentales del Valor Ganado**

Para poder realizar la Gestión del Valor Ganado primeramente el director de proyecto debe planificar las tareas, sea siguiendo los procesos expuestos en PMBOK los cuales están clasificados debidamente en grupos de procesos o sea cual sea la metodología usada. En este proceso de planificación el director debe trabajar sobre la EDT para que sus elementos sean actividades manejables de manera que se pueda establecer el Valor Planificado de cada elemento. Una vez que se establezcan los PV de cada tarea, se puede proceder a ejecutarlas. A medida que se efectúa el trabajo se debe documentar el progreso y los costos incurridos para llevar a cabo cada tarea. Los costos incurridos para efectuar una tarea son, en su forma más básica, el AC. Y el nivel de completitud del trabajo efectuado en relación al costo planificado es el EV.

## **Variaciones, índices y proyecciones**

De estos elementos básicos de la gestión del valor ganado, mencionados en las secciones anteriores, es decir, el PV, EV y AC se puede obtener una serie de indicadores que pueden ser usados para analizar el rendimiento y generar proyecciones. A continuación se describen estos indicadores clasificados de la siguiente manera:

* Variaciones:
  + Variación del cronograma.
  + Variación del costo.
  + Variación a la conclusión.
* Índices:
  + Índice de rendimiento del cronograma.
  + Índice de rendimiento del costo.
  + Índice de rendimiento a la conclusión.
* Proyecciones:
  + Tiempo estimado a la conclusión.
  + Estimación a la conclusión.
  + Estimación para la completitud.

### **Variaciones**

Las variaciones, en términos matemáticos, son simplemente diferencias entre dos valores. Dentro de lo que es la gestión del valor ganado, las variaciones se obtienen de la diferencia entre dos elementos  fundamentales, por ejemplo la variación del cronograma se obtiene de la diferencia entre el valor planificado y el valor ganado. A continuación se explica a mayor profundidad cada variación y su utilidad en la gestión de proyectos, pero en general sirven para poder monitorear las desviaciones respecto la línea base aprobada (PMI, 2013, p. 218).

#### **Variación del cronograma**

La Variación del cronograma, SV por sus siglas en inglés de Schedule Variance, es una medida del desempeño del cronograma del proyecto. Según PMI (2013) la variación del cronograma sirve para determinar la situación del proyecto respecto al cronograma, es decir, si el proyecto está atrasado o adelantado en relación a una fecha de entrega, en un momento específico. La variación del cronograma se expresa como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado:

**SV = EV - PV**

En la gestión del valor ganado, la variación del cronograma es una métrica de significativa utilidad debido a que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma (p. 218). Las variaciones, como los demás indicadores, por lo general responden a una o más interrogantes, en este caso la variación del cronograma responde a si el proyecto se encuentra retrasado o adelantado respecto al cronograma. Según el PMI (2013) "La variación del cronograma en el EVM en última instancia será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán devengado todos los valores planificados" (p. 218).

El resultado de sustraer el valor planificado (PV) del valor ganado (EV), viene a ser la variación del cronograma (SV). Este resultado se interpreta de la siguiente manera:

* Resultado positivo: indica que las condiciones respecto al cronograma son favorables.
* Resultado negativo: indica que las condiciones son desfavorables en lo que respecta al cronograma del proyecto.
* Resultado cero: sin entrar en discusiones de índole matemático sobre si el cero es un número negativo o positivo, este resultado sólo se obtiene cuando el proyecto haya alcanzado su completitud, de manera que el valor planificado y el valor ganado sean equivalentes.

#### **Variación del costo**

La variación del costo, conocida también como CV por sus siglas en inglés de Cost Variance, es definida por PMI (2013) como el monto sea del déficit, es decir, cuando los gastos o egresos superan a los ingresos o a la cantidad que se planeaba gastar para efectuar una actividad o un proyecto, o del superávit, que es cuando los egresos son inferiores a lo que se esperaba de manera que sobra recursos, resultante de la diferencia entre el valor ganado y el costo real (p. 218). La variación del costo sirve para determinar el desvío respecto a la línea base del presupuesto del proyecto. Esta variación es una medida del desempeño del costo en un proyecto y resulta al sustraer el costo real (AC) del valor ganado (EV), esto es:

**CV = EV - AC**

El Project Management Institute (2013) señala que "La variación del costo al final del proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada" (p. 218). La CV es particularmente crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos. El resultado de la variación del costo se interpreta de la siguiente manera:

* Resultado positivo: indica que las condiciones respecto a los costos, es decir, la relación entre el desempeño real y los costos incurridos es favorable.
* Resultado negativo: indica que los costos incurridos son superiores en relación a las actividades completadas. Lo que quiere decir que se esperaba haber gastado menos para completar las actividades completadas hasta el momento o en su defecto que las actividades completadas tuvieron un costo superior al planificado.
* Resultado cero: a pesar de que este resultado no indique condiciones ni favorables ni desfavorables respecto a los costos, se ha terminado se debe poner mucha atención en el caso de que el proyecto aún no haya terminado ya que si se da el caso de que el rendimiento se reduzca los futuros resultados podrían ser negativos, lo cual es preocupante teniendo en cuenta lo que señala PMI (2013) "una CV negativa es a menudo difícil de recuperar para el proyecto" (p. 218).

Los valores de SV y CV pueden convertirse en indicadores de eficiencia para reflejar el desempeño del costo y del cronograma de cualquier proyecto, para comparar con otros proyectos o con un portafolio de proyectos. Las variaciones resultan útiles para determinar el estado del proyecto (PMI, 2013, p. 219).

#### **Variación a la conclusión**

La variación a la conclusión, también conocida como VAC por sus siglas en inglés de Variance At Conclusion, es muy similar a la variación de costos pero que vista desde una perspectiva más global, es el déficit o superávit presupuestario. Para describir lo que es VAC es conveniente, antes que nada, tener presentes dos conceptos:

* BAC: Como se describe en la sección donde se define el Valor Planificado, El presupuesto a la conclusión (BAC) es la suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a realizar. Se utiliza como el valor de la totalidad del trabajo planificado, la línea base de costos del proyecto (PMI, 2013, p. 224).
* EAC: La estimación al concluir, también conocida como EAC por sus siglas en inglés de Estimate At Completion, es una proyección muy importante dada por la gestión del valor ganado. En la sección de **proyecciones** se explica este concepto a mayor profundidad, pero en esencia es una proyección que relaciona el Valor Ganado (EV) con el presupuesto a la conclusión (BAC) teniendo en cuenta el costo del trabajo efectuado, es decir, el Costo Real (AC).

Con esto la variación a la conclusión puede ser expresada como la diferencia entre el presupuesto al concluir (BAC) y la estimación al concluir (EAC):

**VAC = BAC - EAC**

De acuerdo a PMI (2005) el resultado de esta variación se interpreta de la siguiente manera:

* Resultado positivo: indica que si se sigue con el desempeño actual respecto a los costos probablemente al concluir el proyecto los costos del mismo estén por debajo del costo planificado. Lo que quiere decir que las condiciones del desempeño respecto al presupuesto aprobado son favorables.
* Resultado negativo: indica que según la proyección realizada se gastará más de lo planificado para que el proyecto alcance su completitud.
* Resultado cero: indica que el desempeño de los costos y el costo planificado se han igualado, ya sea porque los costos hayan sido superiores a lo planificado en algunas actividades y luego los costos inferiores en otras hayan compensado esa situación o porque el desempeño de costos haya sido tal cual se había planificado.

### **Índices**

#### **Índice de desempeño del cronograma**

El índice de desempeño del cronograma, también conocido como SPI por sus siglas en inglés de Schedule Performance Index, según PMI (2005 - 2013) es una medida que indica el nivel de eficiencia del cronograma del proyecto, es decir, que tan eficientemente el equipo del proyecto está gestionando el tiempo. El índice de desempeño del cronograma se expresa como la razón o división del valor ganado (EV) por el valor planificado (PV):

**SPI = EV / PV**

En ocasiones se utiliza en combinación con el índice de desempeño del costo (CPI) para proyectar las estimaciones finales a la conclusión del proyecto (PMI, 2013, p. 219). Los resultados del SPI se interpretan de la siguiente manera:

* Resultado inferior a 1,0: indica que, en un momento dado, se ha sobreestimado el trabajo a ser realizado. Lo que quiere decir que el trabajo realizado es menor a lo que se había previsto.
* Resultado igual a 1: indica el equilibrio entre el desempeño y el trabajo planificado.
* Resultado superior a 1,0: indica que el trabajo realizado es cuantitativamente superior a lo que se había planificado. Que en un momento dado, se ha subestimado el trabajo a ser realizado.

#### **Índice de desempeño del costo**

El índice de desempeño del costo, también conocido como CPI por sus siglas en inglés de Cost Performance Index, es una medida que evalúa y determina que tan eficientemente se están gestionando los costos de los recursos presupuestados. Este índice se expresa por la razón entre el Valor Ganado (EV) y el Costo Real (AC). El PMI (2013) al referirse al CPI manifiesta que "se considera la métrica más crítica del EVM y mide la eficiencia del costo para el trabajo completado" (p. 219). Este índice responde a la interrogante de que tan eficiente es la utilización de los recursos por parte del equipo del proyecto. La forma de calcularlo se expresa de la siguiente manera: el CPI es igual al EV dividido al AC:

**CPI = EV / AC**

El resultado de este cálculo se interpreta de la siguiente manera:

* Resultado superior a 1,0: indica una situación favorable en la que el costo incurrido es inferior al desempeño hasta la fecha (PMI, 2013, p. 219).
* Resultado igual a 1: indica que hasta el momento los costos incurridos y el desempeño para efectuar las actividades se han equilibrado.
* Resultado inferior a 1,0: indica una situación desfavorable en la que el costo incurrido es superior  al planificado con respecto al trabajo completado (PMI, 2013, p. 219).

Según el PMI (2013) "Los índices son útiles para determinar el estado de un proyecto y proporcionar una base para la estimación del costo y del cronograma al final del proyecto" (p. 219).

### **Proyecciones**

Las proyecciones son pronósticos que se pueden desarrollar a medida que avanza el proyecto. Estos pronósticos pueden ser actualizados en cualquier punto del proyecto. Las proyecciones son particularmente útiles porque permiten al director del proyecto tener información sobre el futuro probable y tomar decisiones en base a la misma, de manera a impactar efectivamente de forma positiva en el futuro del proyecto. Existen diferentes proyecciones, cada una con un enfoque distinto, si bien no siempre los datos o variables utilizados para calcular las proyecciones son diferentes, la forma en que se procesan los mismos sí lo son. A continuación se describen estas proyecciones.

#### **Estimación hasta la conclusión**

La estimación hasta la conclusión, también conocida como ETC, por sus siglas en inglés de Estimate To Complete, es simplemente el costo previsto para completar todo el trabajo restante del proyecto. La ETC responde a la interrogante de: cuánto costará el trabajo restante. Esta estimación se puede obtener de dos maneras:

* ETC gestionada o ascendente: La ETC ascendente puede ser sumado al costo real (AC) para estimar cuánto costará el proyecto de forma completa, es decir, la estimación a la conclusión (EAC):

**EAC = AC + ETC**

En este caso se estima el costo del trabajo restante por medio de la estimación de los trabajadores y/o gerentes realizado en base a un análisis de la cantidad de trabajo restante (PMI, 2005, p. 20).

* ETC calculada: La ETC calculada se expresa como la razón entre: la diferencia entre la línea base del presupuesto y el valor ganado; y el índice de desempeño del costo:

**ETC =  (BAC  - EV) / CPI**

Se puede calcular la ETC basándose en la eficiencia de costos hasta la fecha medida por el CPI.  La ETC calculado puede ser usado para, a su vez, calcular la EAC con esto el equipo del proyecto puede comparar la ETC calculado con la ETC ascendente y comparar las EAC que pueden ser obtenidas de las ETC mencionadas (PMI, 2005, p. 20).

#### **Estimación a la conclusión**

La estimación a la conclusión, también conocida como EAC por sus siglas en inglés de Estimate At Completion, es un pronóstico del trabajo necesario para llevar a cabo el proyecto de forma general, es decir, teniendo en cuenta el costo incurrido del trabajo realizado (AC) y lo que aún falta para terminar el proyecto.

Existen varios tipos de EAC dependiendo del elemento variable, pero en general se basan normalmente en los costos reales en los que se ha incurrido para completar el trabajo, más una estimación hasta la conclusión (ETC) para el trabajo restante (PMI, 2013, p. 220). A continuación se exponen algunos métodos de calcular la EAC clasificados de la siguiente manera:

* **Con variaciones atípicas**: para utilizar las EACs de esta categoría se presupone que cualquier variación con respecto al presupuesto (déficit o superávit) y al cronograma (adelanto o retraso) es simplemente una situación atípica, es decir, que es algo que no suele suceder y que probablemente no vuelva a ocurrir:
  + **EAC ascendente:** El Project Management Institute (2013) manifiesta que este es un método común donde, típicamente, el director y el equipo del proyecto efectúan la EAC como una suma ascendente mensual. El director del proyecto utiliza como base los costos reales, la experiencia adquirida a partir del trabajo completado y una nueva estimación para el trabajo restante, la estimación hasta la conclusión (ETC). Esto se expresa de la siguiente manera:

**EAC = AC + ETC ascendente**

La EAC realizada manualmente por el director del proyecto puede compararse rápidamente con un rango de EACs calculadas y que representan diferentes escenarios de riesgo (PMI, 2013, p. 220).

* + **EAC calculada en términos del presupuesto aprobado:** En este caso se utiliza el costo real (AC) más la diferencia entre el presupuesto a la conclusión (BAC) y el valor ganado (EV):

**EAC = AC + (BAC - EV)**

Lo que presupone este método de EAC es que cualquier variación en el desempeño real del proyecto hasta la fecha, representado por el Costo Real, no volverá a suceder, de manera que se concluirá el proyecto en base al restante del presupuesto planificado hasta la conclusión BAC (PMI, 2013, p. 224).

* **Sin variaciones atípicas:** para las EACs de esta categoría se presupone que las variaciones respecto al desempeño sean estas favorables o desfavorables, representan una tendencia, lo que quiere decir que podrían volver a suceder en el futuro:
  + **EAC considerando el CPI:** La presunción para este método es que el índice de desempeño del costo (CPI) acumulativo  en el que el proyecto ha incurrido hasta la fecha (PMI, 2013, p. 224). Se expresa como la razón entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el índice del desempeño del costo:

**EAC = BAC / CPI**

* + **EAC considerando el CPI y SPI:** Para este método se tiene en cuenta tanto el trabajo de restante, es decir, la estimación hasta la conclusión (ETC) como el índice de desempeño del cronograma (SPI) y el índice de desempeño del costo (CPI). En este caso el trabajo correspondiente a la ETC se calculará en base a la tasa de eficiencia que tiene en cuenta tanto al CPI como al SPI:

**EAC = AC + [(BAC -  EV) / (CPI × SPI)]**

En comparación al método de calcular la EAC descrito anteriormente, éste es especialmente útil para el caso en el que el cronograma del proyecto sea un factor que afecte el esfuerzo de la estimación hasta la conclusión (ETC). Las variaciones de este método consideran el CPI y el SPI asignándoles diferentes pesos (p.ej., 80/20, 50/50 o alguna otra proporción), de acuerdo con el juicio del director del proyecto (PMI, 2013, p. 221 - 224).

### **Índice de desempeño del trabajo por completar**

El índice de desempeño del trabajo por completar, también conocido como TCPI por sus siglas en inglés de To-Complete Performance Index, es una medida del desempeño del costo que tiene en cuenta los recursos remanentes con la finalidad de consumar con un determinado objetivo de gestión (PMI, 2013, p. 221). Este índice se puede expresar como la tasa entre el costo para alcanzar la completitud del trabajo pendiente y el presupuesto restante, en otras palabras el objetivo es establecer si el presupuesto restante será suficiente para cubrir el costo del trabajo no completado.

Según lo expuesto por PMI (2005 - 2013) existen dos formas principales de calcular el TCPI debido a las diferentes formas de determinar el trabajo restante:

* Teniendo en cuenta el presupuesto inicial: El director del proyecto solo debería decidir tener en cuenta la línea base del presupuesto inicial (BAC) en el caso de que el BAC aún sea viable. El TCPI se expresa como la razón entre el trabajo restante y el presupuesto restante, teniendo en cuenta que en este caso la diferencia entre el presupuesto inicial (BAC) y el valor ganado (EV) representa al trabajo restante y que la diferencia entre el BAC y el costo real (AC) representa el presupuesto restante:

**TCPI = ( BAC - EV ) / ( BAC - AC )**

* Teniendo en cuenta la estimación a la conclusión: En el caso de que se llegue a la conclusión de que el BAC ya no es viable, el director del proyecto puede cambiar la representación del presupuesto restante sustituyendo el BAC de esa parte de la fórmula por la estimación a la conclusión EAC. Con esta modificación el TCPI puede expresarse de la siguiente manera:

**TCPI = ( BAC - EV ) / ( EAC- AC )**

## **Programación Ganada**

La Gestión del Valor Ganado resuelve muchos problemas y sirve como herramienta auxiliar en los proceso de gestión de proyectos, sin embargo la presenta limitaciones expuestas por diferentes autores a lo largo del presente capítulo. Además en el presente capítulo también se exponen soluciones a dichas limitaciones, haciendo especial énfasis en una solución específica: la Programación Ganada.

La Programación Ganada, según Bruchey (2012), es una extensión del EVM, también conocida como ES por sus siglas del inglés de Earned Schedule. La misma fue presentada en el año 2003 como una herramienta para estimar de forma más precisa los indicadores de desempeño del cronograma utilizando indicadores de desempeño de EVM con los cuales las métricas tradicionales de EVM no cuenta (p. 2).

Según Bruchey (2012) la Programación Ganada fue desarrollada para proveer un método único que pueda determinar el desempeño del cronograma utilizando los indicadores de EVM: el presupuesto del costo del trabajo planeado BCWS por sus siglas en inglés de Budged Cost of Work Scheduled, es decir, el PV total, el costo real del trabajo ejecutado ACWP por sus siglas en inglés de Actual Cost of Work Performed, el valor ganado (EV), y el presupuesto hasta la conclusión (BAC). El concepto de Programación Ganada identifica el tiempo en el que la cantidad de Valor Ganado (EV) acumulado debería haber alcanzado y calcula el desempeño del cronograma en términos de tiempo no costos. La Programación Ganada utiliza los mismos valores e indicadores de desempeño y ecuaciones basadas en el tiempo que son del EVM tradicional para describir el desempeño del cronograma y así poder ayudar al director de proyecto o programa en una estimación más precisa del desempeño del cronograma (p. 2).

Como se mencionó anteriormente la idea de Programación Ganada está relacionada a identificar el momento en el que la cantidad de valor ganado acumulado debería haber sido ganada. Según Lipke (2006) al determinar ese momento se pueden formar indicadores basados en el tiempo para proveer información para la gestión respecto a la variación del cronograma y a la eficiencia del desempeño de cronograma (p. 1). Lipke (2006) describe que el ES es obtenido por medio de una proyección: proyectando de manera acumulativa al EV sobre la línea base del proyecto, se determina cuando el PV equivale al EV acumulado. Este punto de intersección identifica el momento en el tiempo en el que la cantidad de EV debería haber alcanzado el mismo valor en relación al presupuesto. Una vez que el ES es determinado ya se pueden crear los indicadores basados en el tiempo. Haciendo posible comparar cuando el proyecto está a tiempo respecto a lo que se esperaba en relación a la línea base del proyecto (p. 2).

Existe una importante similitud entre los conceptos de ES y los de EVM, de hecho para cada indicador de ES existe uno análogo al mismo pero de EVM, esta similitud es intencional y se describe a más detalle a lo largo de este capítulo. Crumrine y Ritschel (2013) destaca que dada la similitud entre la Programación Ganada el Valor ganado, la principal diferencia entre ambos conceptos reside en que en el caso de la Programación Ganada el desempeño del cronograma se mide en relación al tiempo no en relación al costo como es típicamente el caso con el Valor Ganado (p. 21).

Según Davis y Higgins (2010) el principio básico de la Programación Ganada es simple: Identificar el tiempo en el cual la cantidad de Valor Ganado (EV) acumulada debería haber sido ganada. Una vez que este valor es determinado se puede utilizar los datos para proveer una información más útil, la cual puede ser visualmente expuesta (p. 5).

### **Importancia de la Programación Ganada**

Si bien existen diversos beneficios en la utilización de la Programación Ganada, Davis y Higgins (2010) destacan que los principales son:

* Provee una estimativa de la duración y fechas de completitud.
* El método provee indicadores de predicción de la misma manera que EVM.
* Directores de proyectos y programas pueden tener una herramienta más para auxiliar en procesos de análisis de cronograma, lo cual potencialmente mejora la confianza en predicciones estadísticas de fechas de entregas – especialmente para proyectos y programas que estén atrasados en relación al cronograma.
* De la misma manera que con el EVM tradicional, la Programación Ganada integra y soporta las actividades de gestión de riesgos – principalmente cuando se necesita justificar la necesidad de tener una reserva respecto al presupuesto, no solo una reserva en términos financieros.
* De forma similar a lo que sucede con el EVM, ES facilita el desglose de las áreas del cronograma que necesitan mas atención.
* ES también proporciona alertas tempranas a partir de secuencia de actividades.
* ES contribuye con el análisis de tendencias; ya que puede ser utilizado para señalar tendencias de desplazamiento de hitos y puede ser sobrepuesto con las fechas de entrega de los contratantes, etc.
* ES puede ser calculado a partir de los datos existentes de EVM (p. 6).

Davis y Higgins (2010) señalan también que la Programación Ganada debe ser considerada una herramienta adicional a ser usada en conjunto con los cálculos de EVM (p. 4). Esta relación entre ES y EVM se hace evidente dado que las formulas y cálculos de ES dependen de los valores de EVM sin embargo algunos indicadores de cronograma tradicionales de EVM presentan ciertas deficiencias las cuales son detalladas a lo largo del presente capítulo.

Tal es la importancia de la Programación Ganada que en un proyecto de la Escuela de Posgrado Naval (Naval Postgraduate School) comparación de los métodos de predicción del Valor Ganado y la Programación Ganada en importantes programas de adquisición del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (A Comparison of Earned Value and Earned Schedule Duration Forecast Methods on Department of Defense Major Defense Acquisition Programs), Bruchey (2012) recomienda que los directores de programas apliquen las métricas de ES para complementar a las actuales métricas de los EVMS (p. 35). Bruchey (2012) también menciona que en este proyecto las métricas de ES fueron más precisas como predictores de la duración del cronograma comparadas a las métricas tradicionales de EVM, por lo que estas podrían ser valiosos elementos dentro del conjunto de herramientas de un director de programas (p. 36). En este mismo trabajo Bruchey (2012) concluye que algunos aspectos de ES pueden ser una herramienta en la gestión de programas, que deben ser combinadas con los métodos de EVM para integrar de forma más completa el alcance del proyecto con el costo, cronograma y elementos de desempeño para una optima planificación y control del proyecto (p. 37).

### **Historia de la Programación Ganada**

El concepto de Programación Ganada tuvo fue desarrollado por Walter H. Lipke, como lo menciona Bruchey (2012), y fue publicada en la edición de marzo de 2003 del Program Management Institute College of Performance Management Journal (p. 2).

Según Lipke y Henderson (2017) la concepción del concepto de Programación Ganada, se remonta al verano (Estados Unidos) de 2002. Pero el mismo recién fue públicamente presentado en marzo de 2003, con un artículo de Measurable News, denominado “Schedule is Different”, en español “El cronograma es diferente”. El artículo inicial tuvo cierto seguimiento, pocos meses después, por una publicación complementar denominada “Earned Schedule: A Breakthrough Extensiopn to Earned Value Theory? A Retrospective Analysis of Real Project Data” que se puede traducir al español como “Programación Ganada: ¿Una extensión de la teoría del valor ganado? Un análisis retrospectivo de datos reales de proyectos” al utilizar datos de EVM en varios proyectos reales completados, este segundo artículo verificó que la medida del ES y sus indicadores derivados, funcionan tal cual es descrito en el primer artículo mencionado, “El cronograma es diferente”. Desde entonces el comportamiento de la medida calculada del ES y sus indicadores han sido verificadas en varias ocasiones utilizando datos reales de diversos tipos de proyectos (p. 4).

El mencionado primer artículo hace alusión, según Lipke y Henderson (2017), al potencial de utilizar los métodos de la Programación Ganada para predecir cuando un proyecto podría ser completado, pero en el mismo no se había desarrollado las ecuaciones. Por otro lado, con la segunda publicación se identifica un pronosticador de duración del cronograma. Este pronosticador de cronograma: PD / SPI(t), donde SPI es el índice de desempeño del cronograma y PD que es la duración planeada del inglés Planed Duration; estos conceptos fueron aplicados sobre datos reales para demostrar el potencial en utilizar la Programación Ganada para realizar predicciones de duración y completitud de proyectos (p. 4).

La teoría y práctica desarrollada por los conceptos de Programación Ganada siguieron evolucionando y nuevos conceptos fueron desarrollados. Lipke y Henderson (2017) mencionan que luego de la segunda publicación se publicó el artículo “Further Developments in Earned Schedule” que en español se puede traducir como “Desarrollos adicionales en la Programación Ganada”, en este artículo se expanden los conceptos de Programación Ganada respecto a predicciones de cronograma, se introducen formulas alternativas y expanden formulas existentes de cálculos del ES y sus derivados (p. 4 - 5).

Otro aspecto interesante de la evolución de la Programación Ganada es como estandarizó toda la terminología relacionada a sus cálculos y fórmulas. En este aspecto Lipke y Henderson (2017) describen que a medida que aumentó la aplicación de ES, se reconoció que había una necesidad de una terminología común. Así fue como, por medio de un común acuerdo respecto a esta necesidad, se decidió que los términos utilizados deberían ser paralelos a los de EVM pero a su vez deberían diferenciarse de los mismos. Fue por medio de estas características que se promovió la aplicación de ES al minimizar la curva de aprendizaje requerida. La mayoría de los términos de ES son comparables a los de EVM. Generalmente los términos de ES son simplemente una versión análoga a los mismos términos de EVM con el sufijo “(t)” añadido (p. 5 - 6).

De acuerdo a Lipke y Henderson (2017), luego de la ‘aparición’ publica de ES en marzo del 2003, el mismo fue rápidamente visto como una viable extensión de las prácticas de EVM. A finales del 2003, el Project Management Institute – College of Performance Management (Colegio de Gestión del Desempeño) (PMI-CPM) demostró su interés en estas nuevas prácticas. En los siguientes años “una práctica emergente” fue insertada citando los principios de la Programación Ganada, fue incluida en la publicación del PMI-CPM del 2004 de las Prácticas Estándares de la Gestión del Valor Ganado (Practice Standard for Earned Value Management) (p. 6).

Posteriormente, según Lipke y Henderson (2017), se publicaron dos artículos: uno publicado en junio de 2005 y el otro en primavera (Estados Unidos) del mismo año, en los cuales responden a la pregunta respecto a cómo ES contribuye en hacer una conexión directa entre el cronograma y los datos de EVM. La publicación de junio del 2005 fue muy apropiadamente titulada “Conectando el Valor Ganado al Cronograma” (“Connecting Earned Value to the Schedule“), así como la otra publicación la cual fue titulada “Programación Ganada en acción” (“Earned Schedule in Action”). El artículo titulado “Conectando el Valor Ganado al Cronograma”, describe como ES actúa, de cierta forma, como un puente: el valor de ES coincide con el de PV en un punto de la línea base del proyecto. A su vez el PV está directamente conectado a tareas específicas tanto completadas como en progreso, tener esta identificación permite determinar que tan bien el cronograma está siendo seguido (p. 6 - 7).

Respecto a la aplicabilidad de ES en proyectos de diferentes naturaleza, Lipke y Henderson (2017) puntualizan que a inicios de la existencia de la Programación Ganada, algunos interpretaron que los métodos de ES estarían limitados respecto a la aplicabilidad, dado que creyeron que ES podría ser utilizado de forma exitosa únicamente en pequeños proyectos de Tecnología de la Información (TI). Esta percepción ocurrió porque el entorno en el que la Programación Ganada fue concebida y aplicada inicialmente fue justamente un entorno basado en proyectos de software y de TI. Esta percepción fue demostrada estar equivocada. La Programación Ganada es escalable, de la misma manera que la Gestión del Valor Ganado. Es así que ES es aplicable a proyectos de cualquier naturaleza de la misma forma que EVM. Los principios de ES son basados en características de escalabilidad y aplicabilidad después de todo ES es derivado de EVM. Otra prueba de esto es que la Programación Ganada se utiliza en varias organizaciones y países en una variedad de proyectos de diferente naturalezas. Tanto pequeños proyectos de TI y construcción como grandes proyectos de defensa y emprendimientos comerciales han empleado y continúan incluyendo a ES como parte de su conjunto de herramientas de gestión. Los usuarios han informado un aumento en la habilidad de predecir resultados futuros y la capacidad de identificar problemas de retrasos que son generalmente enmascarados cuando analizados únicamente en base a los datos de EVM (p. 7).

Lipke y Henderson (2017) citan grandes proyectos de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, así como proyectos de defensa en especial de la Marina del Reino Unido, proyectos e incluso proyectos de Aeropuertos de Australia, Belga y Estados Unidos que utilizan la Programación Ganada (p. 7).

Según Henderson (2007), en niveles más avanzados, ES facilita la identificación de tareas con posibles impedimentos, limitaciones o futura necesidad de volver a realizar el trabajo parcial o totalmente. ES también tiene potencial de mejorar tanto el costo como el cronograma realizando predicciones utilizando datos ya existentes de EVM. La Programación Ganada se ha convertido en una nueva y poderosa dimensión donde se integra la gestión del desempeño del proyecto con la practica, lo cual se ha convertido, a su vez, en una importante innovación en la teoría y aplicación de la gestión de proyecto (p. 8).

**Limitaciones de EVM**

La Programación Ganada, según Henderson (2007), fue creada como una solución simple para resolver el problema de EVM respecto a las fallas de los indicadores de cronogramas en proyectos en etapas finales. El método de ES solo requiere de los datos de EV y PV, los cuales ya son disponibles en proyectos que utilizan EVM (p. 8).

Si bien EVM es ampliamente utilizado tanto por la industria, gestiones de proyectos de construcción como desde el lado gubernamental en instituciones de defensa de los Estados Unidos, cuenta con algunas limitaciones. Tanto es así que según Bruchey (2012) si bien EVM ha sido utilizado desde inicio de los años 1960s como una herramienta de estimación de programas, es visto por algunos profesionales como incompleto cuando es utilizado para realizar predicciones de indicadores de desempeño del cronograma (p. 2).

Respecto a las limitaciones de EVM, Henderson (2007), comenta que EVM tiene muchos y significantes logros tanto respecto a expresiones cuantitativas como a análisis del desempeño de presupuesto de proyectos. Sin embargo este éxito no se ha extendido suficientemente a lo que respecta a desempeño de cronograma (p. 2).

Henderson (2007) menciona entre las posibles causas de esta falta de éxito en lo que respecta a análisis de desempeño del presupuesto a que los indicadores de EVM, diferente a lo que es muchas veces esperado, se expresan en función a unidades de costo y no de tiempo. Además una limitante es lo que sucede a la conclusión o cuando el proyecto está suficientemente cerca de su completitud, por ejemplo, el valor de EV tiene a ser igual al PV final, es decir, el BAC. Por lo que el valor de la Variación de Cronograma SV, siempre retorna cero y a su vez el SPI tiene a uno, sin importar la duración basada en el retraso del proyecto (p. 2).

En un trabajo de comparación entre el EV y ES, como predictores del cronograma en un grupo de programas del DoD, Crumrine y Ritschel (2013) determinaron que la Programación Ganada es un predictor más preciso respecto al cronograma que la Gestión del Valor Ganado. El SPI respecto al tiempo, calculado por medio de la Programación Ganada, mostró mayor precisión tanto a mitad de un programa como en etapas más avanzadas. Esta diferencia de precisión permitió advertir una cantidad superior de programas con posibles problemas de cronograma utilizando ES en relación a la cantidad de programas con posibles problemas de cronograma arrojada por EVM (p. 86). Otro indicador utilizado por Crumrine y Ritschel (2013) fue determinar cual de los métodos (EVM y ES) era, por lo general, más optimista y cual era más preciso. Como se menciona en capítulos anteriores un SPI superior indica que el programa o proyecto tiene mayores posibilidades de ser completado a tiempo. Por lo tanto, entre estos métodos el que tiene mayor incidencia de SPI alto es el más optimista. En una serie de pruebas se confirmó que la Programación Ganada es una técnica más precisa para predecir el cronograma que el EVM, el cual tiende a ser más optimista principalmente en los estados más avanzados del programa o proyecto (p. 86 - 87).

**Ecuaciones**

Así como con la Gestión del Valor Ganado, la Programación Ganada presenta ecuaciones que pretenden resultar en indicadores y métricas del desempeño de un proyecto, pero más específicamente en lo que respecta a cronograma.

**Programación Ganada**

Se puede tener una idea de los elementos que componen la fórmula de ES teniendo en cuenta el concepto mismo de Programación Ganada. Sin embargo, antes es conveniente definir otro concepto el de Tiempo Real. El Tiempo Real o Tiempo Actual tiene crucial importancia en los cálculos de ES, el mismo es muchas veces referido como AT por sus siglas del inglés de Actual Time. Lipke (2006) define al AT como la duración en la que el EV acumulado es registrado (p. 2). Por lo que AT es el momento en el tiempo (periodo) en el que se esté realizando la medición.

El concepto de Programación Ganada es descripto por Mowery (2012), simplemente como una medida de desempeño del cronograma derivada del tiempo, comparando el Valor Ganado de un proyecto en el momento actual (AT) al punto de la línea base de la medida del desempeño (la curva del Valor Planificado, PV) donde debería haber sido ganado dicho valor (p. 10). Teniendo esto en cuenta ES es calculado de la siguiente manera:

**ES = C + (EV - PVc) / (PV c+1 - PVc)**

Donde **C**, es el número de incrementos del tiempo sobre PMB, en los cuales el valor de EV es superior o igual al planificado (PV). Por lo tanto el valor de **PVc** es igual al valor de PV en el último periodo completo de desempeño y **PVc+1** es el valor del PV al final del periodo parcial de desempeño (p. 10). Esto quiere decir que se toma el EV del periodo actual y se lo compara con cada PV de los periodos anteriores hasta encontrar el primer periodo donde el PV sea menor o igual al EV del periodo actual, ese periodo será **C** en la ecuación, el PV de dicho periodo es lógicamente **PVc** y el periodo siguiente a ese es **PVc+1**.

Si se separa la ecuación en 2 partes, donde **C** es una parte y la otra es el resto de la ecuación, se puede notar que **C** es el periodo donde **EV** >= **PVc** por lo tanto la unidad de medida de **C** es el tiempo, por ejemplo si cada periodo equivale a un mes y en el sexto mes se cumple esta condición **C** sería igual a **6 meses**. Mowery (2012) menciona que la otra parte de la ecuación representa a una razón de tiempo por lo que la misma debe ser multiplicada a su vez por una unidad de tiempo de manera que el resultado, **ES** es un valor en unidades de tiempo, por ejemplo: 6.5 meses (p. 11).

Dada la formula de la Programación Ganada, se puede determinar que primeramente el Valor Ganado debe ser calculado ya que se requieren los valores acumulados del EV y PV principalmente. Como lo describe Crumrine y Ritschel (2013) una vez determinado el valor de la Programación Ganada (ES) ya se pueden calcular otras métricas de interés para el director del proyecto. Una de esas métricas es la Variación del Cronograma pero a diferencia de la Variación del Cronograma de EVM ésta es respecto al Tiempo (SV(t)). La Variación del Cronograma respecto al Tiempo es simplemente el valor de ES menos el tiempo real (AT) dedicado en el proyecto (p. 2). Esto se traduce a la siguiente fórmula:

**SV(t) = ES - AT**

Mowery (2012) menciona que esta variación del cronograma es expresada directamente en unidades de tiempo dado que los valores de ES y AT son expresados en tiempo (p. 11).

Una de las deficiencias del EVM tradicional es como lo describe Bruchey (2012) que al terminar un proyecto los valores reales de SPI van a tender naturalmente a 1 (p. 11) y como se mencionó anteriormente un valor de SPI igual a 1 debería describir un desempeño favorable de cronograma. Como lo explica Bruchey (2012) los métodos tradicionales de EVM, es decir, sin utilizar los cálculos de Programación Ganada, calculan la eficiencia del cronograma en base a los costos presupuestados y por lo tanto no pueden reflejar con precisión la eficiencia de cronograma respecto al tiempo. En el momento en el que se termina un proyecto o programa, todo planeado es ejecutado de manera que el PV se igual al EV por lo que el valor del SPI es siempre 1. Entonces, el desempeño del cronograma basado en costos es siempre favorable para cualquier proyecto tanto si tiene una finalización adelantada a la esperada, si termina a tiempo o con retraso (p. 11). Para subsanar este problema la Programación Ganada introduce el concepto de SPI basado en el tiempo. Según Bruchey (2012) esta es una de las métricas de desempeño más importantes que pueden ser derivadas de ES y la misma es también conocida como el Índice de Desempeño del Cronograma basado en el tiempo (SPI(t)), el cual es una representación de que tan eficientemente un proyecto o programa se desempeña respecto al cronograma (p. 16). Mowery (2012) menciona que el SPI(t) se puede calcular, de la siguiente manera:

**SPI(t) = ES/AT**

Esto es, de forma análoga a lo que se hace con EVM (p. 11).

Crumrine y Ritschel (2013) describen a estas dos métricas como un importante aporte de información para el director del proyecto en relación a sus contrapartes de EVM. Primeramente el problema con la Variación del Cronograma respecto al costo (como se hace tradicionalmente con EVM) es que la misma tiende naturalmente a cero a medida que el proyecto se acerca a su completitud. Por otro lado utilizando una Variación del Cronograma respecto al tiempo, la mismo no tiende a ningún valor y es por lo tanto de especial utilidad durante el ciclo de vida del proyecto. Adicionalmente, a diferencia de la métrica de EVM de SPI basada en el costo, el SPI basado en el tiempo no tiende a uno, ofreciendo, de esta manera, más información a medida que el programa o proyecto se acerca a su conclusión (p. 23). Según Crumrine y Ritschel (2013) esta nueva métrica proporciona un índice de desempeño del cronograma mucho más útil para el director de proyecto dado con el mismo se pueden realizar predicciones de fechas estimadas de completitud de programas (p. 23).

**Estimación de Completitud**

Una medida que puede ser derivada de los datos obtenidos de la Gestión del Valor Ganado es una estimativa respecto a una fecha fin del proyecto. Como se puede notar en las formulas y cálculos de EVM no se contempla un elemento que represente una fecha específica, de manera que, es lógico suponer que EVM no proporciona algún tipo de herramienta que permita estimar una fecha fin del proyecto. Sin embargo sí hay una forma de estimar la fecha fin de un proyecto utilizando EVM, pero para eso se debe añadir a los cálculos un elemento nuevo: la Duración Planeada, PD por sus siglas del inglés Planed Duration. El PD es simplemente la cantidad de periodos que se estima que tome el proyecto. En este contexto un periodo es el tiempo entre cada medición de EVM. PD se utiliza en función al índice de desempeño del cronograma SPI, para estimar una fecha de completitud del proyecto, como lo menciona Mowery (2012) hay que recordar que el BAC y PD son valores fijos, definidos durante la planificación del proyecto mientras que el SPI es variable dado que mide el desempeño del cronograma y está en función del EV y PV (p. 7). Mowery (2012) describe a la formula simplificada para estimar la fecha de completitud como la siguiente:

**EAC(t) = PD / SPI**

Si bien este cálculo tiene, en efecto, una medida pasada en el tiempo, la misma está aún limitada por la dependencia en el SPI, una medición de desempeño basada en el dinero y ligada a la relación entre el EV, PV y BAC (p. 7).

Según Mowery (2012), no se puede confiar en esta medida ya que la misma no contempla el momento en el cual se realiza la medición, por ejemplo, en un caso hipotético donde se tiene un SPI aproximado a 1, como puede ser 0.99, el resultado de EAC sería PD/0.99, lo cual es casi equivalente a PD, en este ejemplo, se puede considerar que el valor de PD sea de 12 meses, entonces el resultado de EAC sería 12.121 meses, sin embargo si este calculo se realiza en un proyecto ya con retraso, en el mes 14, el resultado seguiría siendo el mismo. Este análisis demuestra que para proyectos con retrasos, los datos de cronograma de EVM no son confiables (p. 8).

Mowery (2012) también menciona que con el factor de desempeño de ES, el SPI(t), se puede estimar una fecha de finalización del proyecto: la Estimación Independiente a la Completitud basada en el Tiempo. Esta es una importante estimación de la Programación Ganada y es conocida como IEAC(t) por sus siglas del inglés de Independent Estimate at Completion for Time:

**EAC(t) = PD / SPI(t)**

Como se puede observar el calculo es análogo al de la EAC de EVM (p. 11). Sin embargo hay una diferencia entre la IEAC(t) de ES y la EAC de EVM y es que con la IEAC(t) de la Programación Ganada sí se tiene en cuenta efectivamente el momento en el que se realiza la medición (Tiempo Actual, AT) por medio del SPI y el valor de ES.

Otra métrica fácilmente calculada con ES, como señala Mowery (2012), es el Índice de Desempeño del Cronograma a la Completitud, también conocido como TSPI por sus siglas del inglés de To Complete Schedule Performance Index. El TSPI es correspondiente al TCPI (Índice de Costo para la Completitud) de EVM y es utilizado para determinar la eficiencia requerida para completar el proyecto o programa de acuerdo con el plan respecto a la duración estimada. Al igual que el TCPI de EVM, si el mismo es menor a 1, se considera que el desempeño del cronograma es favorable, si el valor del TSPI es superior a 1.10, por lo general se considera que la estimativa respecto al cronograma no es alcanzable (p. 11 a 12). Mowery (2012) menciona que la ecuación para determinar el valor de TSPI de ES es la siguiente:

**TSPI = (PD - ES) / (PD - AT)**

Existe una forma alternativa de esta ecuación (p. 12). La forma alternativa es basada en la duración estimada del proyecto:

**TSPI(ED) = (PD - ES) / (ED - AT)**

Para explicar brevemente esta ecuación es importante notar, como lo señala Mowery (2012), que ED de sus siglas del inglés de Estimated Duration, es la Duración Estimada del proyecto. ED es la fecha posteriormente estimada en la que podría terminar el proyecto (p. 12). Por otro lado PD es la duración planificada, es decir, la fecha (o cantidad de periodos) en la que se esperaba que termine el proyecto inicialmente. El valor de ED puede ser, por ejemplo, el resultado de IEAC. De esta manera si se puede determinar si al realizar un cambio, por ejemplo, extensión o reducción de la fecha planeada inicialmente de completitud sería o no viable teniendo en cuenta el desempeño del cronograma del proyecto.

….

En general el capitulo parece bien, falta explicar su integración con la herramienta, y la parte de historia me parece que esta un poco de mas ya que earned scheduled no es el tema principal, en el caso de evm tiene sentido la historia como marco teorico de antecedentes

**Flujo de trabajo de la herramienta**

El flujo de trabajo que se propone en la herramienta está basado en lo descripto por PMI (2013) a lo largo de la Guía del PMBOK.

Se pretende que lo siguiente a la creación del proyecto sea la definición de la lista de actividades, de acuerdo a PMI (2013) lo primero en la fase inicial del proyecto es la definición de un plan de desarrollo de el o los entregables del proyecto (p. 45) por lo tanto se define una lista de actividades, la cual consiste en una descripción de todas las actividades que llevaran a la obtención del objetivo final. A medida que el proyecto transcurre esta lista es refinada y detallada con mayor precisión. (p. 152 - 155)

Al crear una petición los campos obligatorios son el asunto, que representa el título de la petición; el tipo, por defecto estará apuntado como tarea debido a que se puede planear el proyecto sin el uso de hitos pero es imposible de planearse sin el uso de tareas ya que un hito no tiene tales campos como se menciona en conceptos fundamentales; la prioridad que por defecto estará apuntada como Normal, por ser el valor intermedio entre las posibles prioridades; y estado, que por defecto se encontrara marcado como “Nueva”.

Una vez creadas las peticiones se notifica automáticamente mediante correo electrónico al Director (o los Directores en caso de haber más de uno en el proyecto).

Luego de generar la lista de actividades, es necesario cargar la información acerca de los miembros del equipo de trabajo del proyecto, con sus respectivos roles. Una vez que los miembros han sido agregados se puede proceder a realizar la asignación de tareas a los mismos. Al asignar una petición a un miembro, este será notificado por medio de un correo electrónico acerca de la asignación, así mismo también serán notificados los Directores.

Para establecer el estado de la petición como “En progreso” se deberán completar los campos de fechas estimadas y valor estimado de la tarea, los cuales son la base de la gestión del valor ganado. Al asignar este estado, la fecha de inicio real de la tarea es actualizada automáticamente con la fecha del día.

A medida que el desarrollo del proyecto avanza van surgiendo tareas que no fueron incluidas inicialmente en la lista de actividades, y cuyo estado puede ser establecido como “En progreso” directamente sin necesidad de pasar por el estado “Nueva” previamente, pero en este caso los campos de fechas estimadas, valor estimado y asignado deberán ser completados al momento de la creación de la petición.

A medida que la tarea avanza, el asignado debe comentar su progreso y asignar los valores invertidos en la misma a fin de generar información útil y valiosa para la retroalimentación y evaluación del proyecto.

Una vez que la tarea es completada, el asignado debe cambiar el estado a “Cerrada”, lo cual automáticamente actualizará la fecha de fin real a la fecha del día el porcentaje realizado a 100%.

Es sabido que durante la planeación de tareas pueden definirse algunas que más adelante pueden resultar innecesarias, para ese caso existe el estado “Rechazada”, la función de este estado es dejar documentada la tarea indicando que fue rechazada, se puede explicar el motivo mediante un comentario en la misma. Las peticiones con este estado no son tenidas en cuenta para la gestión del valor ganado.

Desde aquí hito

En el caso de las peticiones de tipo Hito los campos a completar obligatoriamente son el asunto y la prioridad, los demás campos como las fechas estimadas y reales de inicio y fin, estado, y costo estimado y real, son completados automáticamente de acuerdo a la información proveniente de las peticiones hijas que comprenden el hito, la fecha estimada para inicio será la mínima entre las tareas hijas, así mismo para la fecha de inicio real, y la fecha de fin estimada será la máxima, de la misma manera se obtendrá la fecha máxima entre las fechas de fin reales. A su vez el costo estimado y el costo real del hito serán actualizados con la suma de los respectivos costos de las peticiones que lo componen.

La funcionalidad de “checklist” no se encuentra disponible una vez que se ha asignado el tipo hito a la petición, ésta es exclusiva de las tareas. Tampoco se permite asignar el hito a un miembro del equipo, debido a la definición de hito planteada por PMBOK (no se si es necesario agregar cita ya que se explico lo de hito anteriormente). La transición de estados para las peticiones de tipo hito son las mismas existentes para las tareas, pero a diferencia de estas no son asignables sino que se actualizan automáticamente en base al estado de las tareas hijas, de la siguiente manera…….

Hablar de permisos según usuario, revisar para tareas también ese punto.

# **Recopilación de datos para EVM**

## **Gestión de actividades**

Como se describe anteriormente el flujo de utilización de la herramienta está estrechamente relacionado al rol del usuario. Por ejemplo, en el caso de que el usuario tenga el rol Realizador, es decir, el rol que por lo general permite al usuario modificar el estado de una petición que le ha sido asignada, pero no así realizar modificaciones más críticas como eliminar o modificar peticiones que no le hayan sido asignadas ni modificar o eliminar proyectos. Sin embargo este usuario puede actualizar sucesivamente el estado de completitud de la petición. Estas modificaciones, o más bien actualizaciones del estado de cada petición individualmente generan una gran cantidad de datos que pueden ser interpretados de forma global para determinar el estado del proyecto mismo y al ser procesados generar valores que a su vez son utilizados para realizar los cálculos de EVM. A continuación se explica como se procesan y almacenan estos datos.

### **Valor Planificado:**

Durante la etapa de planificación el director del proyecto debe poner especial atención sobre la Estructura de Desglose de Trabajo, la cual puede ser descripta de diferentes maneras dependiendo del nivel de granularidad aplicado en la elaboración de la misma. En este sentido la herramienta dispone de dos elementos que se relacionan directamente con la EDT: las peticiones que representan tanto el elemento de nivel más detallado de la EDT como los hitos que por lo general representan elementos más abstractos.

**Configuración de unidad de medida para el valor ganado**

Las tareas cuentan con un campo que representa al valor planificado (PV) de las mismas, este campo puede ser configurado para adoptar cualquier unidad de medida necesaria, las opciones disponibles son:

* Costo: Esto se refiere al costo monetario que se incurrirá para efectuar la tarea. Con esta opción, si se tienen todas las tareas creadas y debidamente estimadas, se puede tener una línea base del presupuesto del proyecto. Luego de seleccionar esta opción se debe también seleccionar la moneda o divisa de una lista de monedas basadas en el estándar internacional ISO 4217.
* Puntos: Se decidió incluir esta opción en la herramienta dado que estimar una tarea, es decir, definir su PV, en puntos que por lo general representan el nivel de esfuerzo que será requerido para que la misma sea efectuada, es una práctica comúnmente adoptada, entre otros casos en la industria del desarrollo de software.
* Tiempo: Para concebir esta opción se tuvo en cuenta que muchas veces existe una relación entre los puntos de esfuerzo y el tiempo que tomaría realizar cada punto. De forma similar, muchas veces, existe también una relación entre el presupuesto en términos monetarios y el tiempo, por ejemplo, en el caso de que se pague al equipo por hora. Siendo así, algunos directores de proyecto evitan realizar conversiones de horas a punto (o la moneda que estén utilizando) y viceversa y en lugar de eso realizan toda la planificación del proyecto únicamente en función al tiempo. En consecuencia se decide incluir esta opción teniendo en cuenta justamente el caso en que se convierten los puntos de esfuerzos a horas, por esta razón la unidad de medida del tiempo en este caso es la hora.
* Unidad de medida personalizada: Esta opción tiene como finalidad cubrir cualquier caso imprevisto con las opciones anteriores, como por ejemplo, en el caso de que un director de proyecto decida realizar la planificación y gestión del valor ganado en función a una unidad de medida distinta a las monedas o divisas expuestas por el estándar internacional ISO 4217, la hora o punto de esfuerzo.

**Requisitos de una petición para la gestión del valor ganado**

Para el cálculo de la gestión del valor ganado se tiene en cuenta por lo tanto el campo previamente configurado que representa al PV de la tarea. Sin embargo la tarea debe cumplir algunos requisitos para que la misma sea válida para el cálculo del valor ganado:

* Estado: Por lo general la tarea puede tener cualquier estado para considerarse válida a excepción del estado *Rechazada*. Incluso el estado *Nueva* es un estado válido, si bien una tarea nueva probablemente aún no cuente con registros de su AC y EV, ésta si puede contar con un PV, lo cual la hace válida para el cálculo del valor ganado en el caso de que la fecha estimada de inicio de la tarea sea menor o igual a una fecha específica ya que en ese fecha ya se esperaba que un porcentaje del Valor Planificado haya sido realizado.
* Fechas estimadas: Como se menciona en la sección del *flujo de la herramienta* las fechas estimadas son necesarias para hacer una transición de estados de una tarea de *Nueva* a *En progreso*. Y así también estas fechas son necesarias para que la tarea sea válida para el cálculo del valor ganado ya que las mismas determinan en que periodo se ubica la tarea. Además como la gestión del valor ganado se realiza en relación a una fecha específica, ésta es utilizada como referencia en comparación a las fechas estimadas. Esto se puede ejemplificar mejor de la siguiente manera, en el caso de que se quiera realizar los cálculos del valor ganado en la fecha de hoy, si una tarea tiene como fecha estimada de fin igual a ayer eso quiere decir que se espera que la misma ya haya sido culminada por lo tanto se espera que su EV sea igual a su PV. En contraste a esto si tenemos otra tarea que no se ha empezado a realizar y la misma tiene fecha de inicio estimado para dentro de dos días y fecha de fin estimado para dentro de cuatro días, esta tarea sería irrelevante para realizar los cálculos del valor ganado relativos a la fecha de hoy.
* Asignado: Este campo se refiere a un miembro del equipo del proyecto encargado a realizar la tarea. Si bien para el cálculo del valor ganado no se requiere ninguna información sobre la persona que ejecuta una tarea o un proyecto, se incluye este campo como obligatorio para mantener cierto nivel de consistencia.
* Valor estimado: Finalmente se requiere que se defina el valor estimado de la tarea, en otras palabras, el campo que equivale al valor planificado PV de la tarea. Este campo es indispensable ya que el PV es un elemento fundamental de la gestión del valor ganado.

**Valor Planificado parcial de una petición**

Si se cumplen los mencionados requisitos ya se puede determinar el PV total de una tarea, no obstante para los cálculos del valor ganado se requiere determinar el PV parcial de una tarea hasta una fecha determinada. Para eso se utilizan las fechas estimadas para de esta manera tener un rango que determinan entre cuantos días se dividirá el PV total asignado por el usuario. En síntesis se supone que el porcentaje de completitud de la tarea se incremente desde la fecha estimada de inicio, de manera que cuando llegue la fecha estimada de fin ese porcentaje sea 100%. Es importante destacar que la herramienta se encarga de realizar automáticamente esta distribución del valor planificado entre los días planificados para la petición, por lo que el usuario solo necesita ingresar informaciones básicas con las que se cuenta durante el proceso de planificación: valor planificado y fechas estimadas de inicio y fin.

**Valor Planificado parcial del proyecto**

El valor planificado parcial, lo que viene a ser, el valor planificado hasta una fecha determinada, a nivel de proyecto consiste simplemente en la sumatoria de los valores parciales de todas las peticiones del proyecto. Esta información es la que es verdaderamente valiosa para la gestión del valor ganado ya que en las fórmulas o cálculos equivale al PV. Cabe señalar la diferencia entre el valor planificado parcial hasta una fecha y el valor planificado total, el primero como se dijo equivale al PV y el segundo equivale a la línea base del presupuesto BAC. De la misma forma que el valor planificado total y parcial de una petición y que los demás cálculos descritos de la gestión del valor ganado, éstos son realizados automáticamente por la herramienta, el usuario solo tiene que ingresar los datos necesarios que sirven para alimentar éstos cálculos.

### **Registros y Costo Real:**

Luego de la etapa de planificación, durante la etapa de ejecución de las tareas los usuarios de la herramienta pueden actualizar las tareas que le han sido asignadas y realizar registros individuales de tanto del progreso como de los costos incurridos en la realización de dicha tarea. La configuración del campo para EVM también afecta a los registros de actividades o costos incurridos, precisamente cambiando el campo requerido de los mismos, por ejemplo, en el caso de que se haya configurado la herramienta para efectuar la gestión del valor ganado utilizando como unidad de medida el dólar americano, también se podrán ingresar registros que reflejen los costos incurridos (en este caso en dólares) para la ejecución de la tarea. Es por eso que estos registros de costos incurridos son en términos de EVM equivalentes al Costo Real AC, la diferencia reside en que una tarea puede tener varios registros de costos incurridos lo cual brinda una visión de la tarea con un mejor nivel de detalle respecto a los costos. De esta manera el Costo Real de una tarea consiste en la sumatoria de los costos incurridos registrados en la misma. Por otro lado, de manera análoga a lo que sucede con el Valor Planificado de una tarea y el Valor Planificado del proyecto, sucede también con el Costo Real, esto es, la sumatoria del Costo Real de las tareas de un proyecto componen el Costo Real del proyecto en sí, hasta una fecha determinada.

### **Valor Ganado:**

Otro registro que se debe realizar durante la etapa de ejecución es la actualización del estado de completitud de la petición. Para evitar que el usuario tenga que efectuar esta actualización como un paso adicional al registro de costos incurridos, la herramienta cuenta convenientemente con los campos del porcentaje de completitud y registro de costos incurridos en el mismo formulario de edición de petición. Además existen otras formas convenientes de actualizar la información de la petición, propendiendo siempre a requerir el mínimo esfuerzo del usuario:

* Asignar fecha de inicio real: Simplemente al agregar una fecha de inicio de la tarea menor o igual a la fecha actual, la tarea pasa del estado *Nueva* a *En progreso*. Esto además actualiza el estado de completitud de la tarea asignando cierto porcentaje configurable como realizado. La condición en este caso es que la fecha sea menor o igual a la fecha actual debido a que esto cubre el caso de que el usuario se haya olvidado de actualizar la tarea en una fecha anterior pero a la vez evita que el usuario sea por un error o de manera mal intencionada registre el inicio de una tarea en el futuro, es decir, que la fecha de inicio sea mayor a la fecha actual. Cabe destacar la diferencia entre este *fecha de inicio real* con el campo relacionado a la planificación del proyecto *fecha de inicio estimado*, para estos propósitos se cuenta con dos campos debido a que muchas veces una tarea no se realiza en las fechas en la que fue planificada, por lo que esto brinda al usuario la flexibilidad de contrastar la situación real con lo que se había planificado.
* Modificaciones en el porcentaje de completitud: Al asignar 100% en el porcentaje de completitud de una tarea, la misma cambia automáticamente su estado a *Cerrada* y así también en el caso de aún no contar con fecha de fin real, se asigna automáticamente la fecha actual a este campo. De forma similar, al actualizar el porcentaje de completitud de la tarea a un valor superior o igual al porcentaje configurado para el estado *En progreso*, la tarea pasa automáticamente a tener el estado En progreso en el caso de que el mismo sea *Nueva* y pasa a tener una fecha de inicio real igual a la fecha actual en el caso de no contar aún con una fecha de inicio real. La ventaja que se obtiene al utilizar la herramienta de esta manera es que el usuario puede concentrarse en registrar los costos incurridos y actualizar el porcentaje de completitud y la herramienta se encarga automáticamente de registrar las fechas y cambiar los estados de las tareas.
* Asignar fecha de fin real: El campo *fecha fin real* se refiere a la fecha en que en efecto se terminó la tarea y no a la fecha en la que se planeaba terminar (fecha de fin estimada). Al asignar una fecha menor o igual a la fecha actual en este campo y en el caso de que la tarea tenga un estado *En progreso*, el estado de la tarea se actualiza automáticamente a *Cerrada* y el porcentaje de completitud de la misma pasa a ser 100%. Esta conexión entre el estado de la tarea, la fecha y el porcentaje de completitud impacta positivamente en la experiencia de usuario ya que el mismo puede conseguir un efecto completo sobre estos cambios al actualizar solamente uno de ellos. Sin embargo, se debe tener en cuenta las condiciones para que se realice esta actualización automática:
  + La tarea debe estar *En progreso* una tarea con estado *Nueva* nunca debería pasar al estado *Cerrada* directamente. Esto obliga de cierta forma al usuario a realizar actualizaciones sucesivas sobre la petición, lo cual es una buena práctica ya que esto se traduce a un mayor nivel de detalle en el historial de la misma.
  + La fecha de fin real debe ser menor o igual a la fecha actual. Esto impide que el usuario ya sea por error o con intenciones maliciosas, cierre la tarea en el futuro, es decir, con una fecha mayor a la actual. Pero a la vez esto también brinda la flexibilidad de que el usuario pueda cerrar una tarea en una fecha anterior, por ejemplo en el caso de que el mismo se haya olvidado de cerrar la tarea en una jornada anterior.
  + Las mismas condiciones que la tarea debe cumplir para pasar al estado *En progreso*, es decir, tener fechas estimadas, valor planificado, usuario asignado, etc.
* Modificaciones de estado: Las modificaciones del estado de una tarea afectan tanto a los campos de fecha de inicio real, fecha fin real, como al porcentaje de completitud de la misma. Ya que, como es de esperar, por ejemplo, al cambiar el estado de una tarea de *En progreso* a *Cerrada*, se completa automáticamente la fecha de fin real a la fecha actual si la misma aún no ha sido asignada y el porcentaje de completitud pasa a ser 100%. De forma similar al asignar el estado *En progreso* a una tarea con estado Nueva su porcentaje de completitud pasa a ser el mínimo configurado al estado *En progreso* en caso de que el usuario no haya asignado un porcentaje de completitud previamente, y así también la tarea pasa a tener una fecha de inicio real igual a la fecha actual en caso de que este campo no haya sido previamente completado.
* Lista de comprobación o checklist: La funcionalidad de la lista de comprobación consiste en que el usuario puede agregar a una tarea, tanto durante la creación de la misma como en el formulario de edición, una lista de requerimientos o comprobaciones, los elementos de esta lista también pueden ser vistos de forma similar a pequeñas (ya que no cuenta con todos los campos de una tarea) sub-tareas, que se listan y luego a medida que las mismas sean completadas se pueden ir marcando (check). Al marcar un elemento de la lista de comprobación el porcentaje de completitud se incrementa según la cantidad de elementos de la lista, de la siguiente manera, por ejemplo si se tienen 2 elementos al marcar 1 el porcentaje de completitud pasa a ser 50%, al completar 2 el porcentaje llega al 100%, otro ejemplo sería al tener 10 elementos en la lista, si se marca 1 el porcentaje de completitud pasa a ser 10%. En resumen al marcar un elemento de la lista de comprobación se incrementa el porcentaje de completitud en relación a la cantidad de elementos marcados divido la cantidad total de elementos. Este mecanismo provee al usuario la facilidad de crear y marcar como completadas pequeñas actividades que componen una tarea más compleja.

En este apartado la recopilación de datos para el EVM y más específicamente en lo que respecta a datos para el EV, se describen las modificaciones que afectan al porcentaje de completitud de una tarea debido a que el mismo equivale casi directamente al EV utilizado para los cálculos del valor ganado, la diferencia principal reside en que el EV para los cálculos debe tener la misma unidad de medida que el AC y PV, pero en este caso el porcentaje de completitud es un porcentaje y no una unidad de medida, sin embargo, al expresarlo en función al PV se obtiene el valor equivalente al EV.

### **Procesamiento y almacenamiento:**

Para realizar la gestión del valor ganado se requiere tener el EV, PV y AC en cada intervalo de medición, estos intervalos pueden ser tanto semanas, meses o cualquier periodo que se decida pertinente, esto dependerá de las políticas de la organización y de las necesidades del proyecto. De esta necesidad surge también un problema: si para obtener el EV, PV y AC de cada periodo es necesario leer el historial del proyecto y calcular la sumatoria de los registros de las tareas según las diferentes fechas de los diferentes periodos, este proceso por más que sea automatizado podría tardar varios minutos dependiendo de la cantidad de tareas que cuente el proyecto y las actualizaciones realizadas sobre las mismas a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo cual impactaría negativamente en la experiencia de usuario. Para solucionar este problema se la herramienta implementa un mecanismo que consiste en tener otro programa que se ejecuta en segundo plano, el cual procesa los datos de todos los proyectos y los almacena diariamente, como si fuesen fotos instantáneas o *snapshots* del estado del proyecto. Luego al momento de mostrar los resultados de los cálculos del EVM en cada periodo simplemente se tiene que consultar los registros almacenados por este programa que se ejecuta en segundo plano. Además para mantener la consistencia de los datos, al realizarse cualquier modificación sobre las tareas o registros de un proyecto que impacten sobre el EVM, se ejecutan también actualizaciones en segundo plano sobre estos snapshots. Además este mecanismo conlleva otra ventaja adicional: como se ejecuta un programa en segundo plano que almacena el estado del proyecto diariamente, el usuario puede cambiar la frecuencia de los intervalos o periodos de medición de EVM ya que de todas formas la información de los proyectos se almacena de forma diaria.

**Técnicas de medición del Valor Ganado**

* Técnicas de Medición del Valor Ganado
* Porcentaje Completo
* Se puede hacer Hito Ponderado con Hitos, Tareas padres e hijas, o incluso con tareas y checklist.
* Esfuerzo prorrateado. Se puede aplicar también esta técnica. Si bien la herramienta no brinda ninguna funcionalidad que auxilie la aplicación de la misma. Por lo general se pueden aplicar la mayoría de las técnicas de medición del valor ganado expuestas en el presente trabajo. Hacer esto depende exclusivamente de la política de cada organización o de las necesidades del proyecto mismo.
* Técnicas mixtas

Bibliografía

* Terrazas Pastor, Rafael Alfredo; (2009). MODELO CONCEPTUAL PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS. *PERSPECTIVAS*, Julio-Diciembre, 165-188.
* *Learn More About Who PMI is and What We Do*. (2016). *Pmi.org*. Obtenido en 3 Marzo 2016, de <http://www.pmi.org/About-Us.aspx>
* Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK).* Pennsylvania. PMI.
* Hernández González, Anaisa; Chaviano Gómez, Yigsy; (2006). HERRAMIENTAS AUTOMATIZADAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS. *Ingeniería Industrial, XXVII*. 67-74.
* Project Management Institute. (2005) *Practice Standard for Earned Value Management*. Newtown Square, Pa. PMI.
* Beck, K., Beedle, M., van Bennekum A., Cockburn A; Cunningham W., Fowler M., …, Thomas D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development.* Obtenido en 4 de marzo de 2016, de <http://www.agilemanifesto.org/>
* <http://pm4dev.com/> 20 3 2016
* Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.a ed.). Obtenido en 6 de marzo de 2016, en <http://dle.rae.es/>
* PM4DEV. (2009). *Gestión del Presupuesto del Proyecto.* Disponible de <http://pm4dev.com/>
* Eckel, B. (2003). Cap. 1 Introduction to Objetcs, en Thinking in Java (pp. 35-84), USA, Prentice Hall PTR.
* Nai-Chieh, W., Chiao-Ping, B., Shun-Yuan, Y., & Pao-Sheng, W. (2016). EARNED VALUE MANAGEMENT VIEWS ON IMPROVING PERFORMANCE OF ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT. *International Journal Of Organizational Innovation*, 8(4), 93-111.
* Icescrum. (2016). Icescrum. Obtenido en  3 de Marzo de 2016, de <https://www.icescrum.com>
* Freedcamp. (2016). Freedcamp. Obtenido en 26 de Marzo de 2016, de <https://freedcamp.com/>
* Barrish, J. *The top 20 most popular Project Management Software*. (24 de Junio 2015). Capterra. Obtenido en 22 de Marzo de 2016, de <http://www.capterra.com/project-management-software/#infographic>
* Oracle. (2016). Obtenido en 6 de Marzo de 2016, de <http://www.oracle.com/us/corporate/pricing/primavera-pricelist-2196983.pdf>
* Teamwork. (2016). Obtenido en 26 de Marzode  2016, de <https://www.teamwork.com>
* Wrike. (2016). Obtenido en 24 de Marzo de 2016, de <https://www.wrike.com>
* Trello. (2016). Obtenido en 22 de Marzo de 2016, de <https://trello.com/business-class>
* Podio. (2016). Obtenido en 6 de Marzo de 2016, de <https://www.podio.com>
* Atlassian. (2016). Obtenido en 22 de Marzo de 2016, de <https://www.atlassian.com/software/jira>
* Microsoft Office Support. (2016). *Earned value analysis, for the rest of us*. Obtenido en 13 de Marzo de 2016, de <https://support.office.com/en-us/article/Earned-value-analysis-for-the-rest-of-us-6a49f56d-d7bc-44eb-8b56-2ff5526403cc>
* Microsoft Store. (2016). *Office 365 Home*. Obtenido en 3 de Marzo de 2016, de <http://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Office-365-Home/productID.286395000?ICID=Office_365_ModF_365Hm>
* Microsoft Office. (2016). *Project para Office 365*. Obtenido en 3 de Marzo de 2016, de <https://products.office.com/es/Project/project-for-office-365>
* Forbes. *The World’s Biggest Public Companies*. (2016). Obtenido en 13 de Marzo de 2016, en <http://www.forbes.com/global2000/list/#industry:Software%20%26%20Programming>
* Microsoft (2009). Microsoft Application Architecture Guide. *Designing Web Applications*. Disponible en <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff650706.aspx>
* Ruby on Rails. (2016). Obtenido en 3 de mayo de 2016, de  <https://github.com/rails/rails>
* Tataje, M. (2010, 22 November). Metodología Ágil: Scrum. [Weblog]. Obtenido en 4 de mayo de 2016, de <https://www.ibm.com/developerworks/community/wikis/home?lang=en#!/wiki/Rational+Team+Concert+for+Scrum+Projects/page/SCRUM+como+metodolog%C3%ADa>
* PostgreSQL. (2016). *About.* Obtenido en 4 de mayo de 2016, de  <http://www.postgresql.org/about/>
* Docker. (2016). *What is Docker.* Obtenido en 4 de mayo de 2016, de <https://www.docker.com/what-docker>
* Git. (2016). *About.* Obtenido en 4 de mayo de 2016, de <https://git-scm.com/about/>
* Gitlab. (2016). Obtenido en 3 de mayo de 2016, de <https://about.gitlab.com/>
* DigitalOcean. (2016). Obtenido en 3 de mayo de 2016, de  <https://www.digitalocean.com/>
* Cohn, M. (2014, 9 de septiembre). The Main Benefit of Story Points. [Weblog]. Obtenido en 4 de Mayo 2016, de [https://www.mountaingoatsoftware.com/blog/](https://www.mountaingoatsoftware.com/blog/the-main-benefit-of-story-points)
* Wayne, F. (2000). How Earned Value Got to Prime Time: A Short Look Back and Glance Ahead. PMI College of Performance Management (www.pmi-cpm.org). Retrieved 27 September 2016, from https://web.archive.org/web/20110727180900/http://www.pmi-cpm.org/members/library/EVLook%20Back-Glance%20Ahead.abba.pdf
* Cândido, L., Mählmann Heineck, L., & Barros Neto, J. (2014). CRITICAL ANALYSIS ON EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM) TECHNIQUE IN BUILDING CONSTRUCTION (1st ed.). Oslo, Norway.
* Kwak, Y. & Anbari, F. (2011). History, practices, and future of earned value management in government: Perspectives from NASA. *Project Management Journal*, *43*(1), 77-90. <http://dx.doi.org/10.1002/pmj.20272>
* Davis, A. & Higgins, M. (2010). EARNED SCHEDULE An emerging Earned Value technique. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <https://www.apm.org.uk/media/1233/earned-schedule.pdf>
* Lipke, W. & Henderson, K. (2017). Earned Schedule an emerging enhancement to EVM. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.170.4284&rep=rep1&type=pdf>
* Henderson, K. (2007). Earned Schedule: A Breakthrough Extension to Earned Value Management. Sydney Australia: Project Management Institute. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <http://www.earnedschedule.com/Docs/Earned%20Schedule%20a%20%20Breakthrough%20Extension%20to%20EVM%20-%20Henderson.pdf>
* Mowery, B. (2012). EARNED SCHEDULE: FROM EMERGING PRACTICE TO PRACTICAL APPLICATION. Computer Sciences Corporation. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <http://www.academia.edu/27926188/EARNED_SCHEDULE_FROM_EMERGING_PRACTICE_TO_PRACTICAL_APPLICATION>
* Crumrine, K. & Ritschel, J. (2013). A comparison of Earned Value Management and Earned Schedule as schedule predictors on DoD ACAT I programs. Dayton, Ohio, United States of America: AIR FORCE INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
* Lipke, W. (2006). Applying Earned Schedule to Critical Path Analysis and More. Oklahoma, Oklahoma, United States of America: Software Division, Tinker Air Force Base. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <http://www.earnedschedule.com/docs/applying%20es%20to%20critical%20path%20and%20more.pdf>
* J. Bruchey, W. (2012). A Comparison of Earned Value and Earned Schedule Duration Forecast Methods on Department of Defense Major Defense Acquisition Programs. Monterey, California, United States of America: NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL. Obtenido en 4 de Marzo 2017, de <http://calhoun.nps.edu/handle/10945/17329>