

Herramienta De Valor Ganado (Evm) Para El Control De Proyectos En Una Empresa De Construcción

Estefani Royero-García¹, Yojana Pérez-Pertuz², Jhon J. Feria-Díaz²

¹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

²Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

Resumen

La aplicación de una herramienta de valor ganado (EVM) para el control de proyectos de construcción ayuda a una organización a cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa, porque se hace necesario que la dirección de proyectos cuente con los conocimientos, herramientas y técnicas para la ejecución de las actividades. Mediante un estudio de caso, se determinó que el control de los proyectos de construcción no utiliza la herramienta de valor ganado (EVM), no presenta buenas prácticas para el control del cronograma, costos y alcance de los proyectos, ya que los métodos que utilizan no son confiables por las diferentes variables que están inmerso los proyectos, debido a que cada proyecto es único, los escenarios son diferentes y los precios del mercado son volubles, se hizo necesario el diseño y la implementación de una herramienta de valor ganado (EVM) que contribuyen a la integración de las variables de costo, tiempo y alcance una misma línea base, para la medición de desempeño de estas variables, logrando evitar sobrecostos, retrasos e incumplimiento en el alcance de los proyectos de construcción.

Palabras clave: Gestión de valor ganado, costo, alcance, tiempo, proyectos de construcción.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el PMBOK sexta edición, los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables. Un objetivo se define como una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar. Un entregable se define como cualquier producto, resultado a capacidad único y verificación para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto. Los entregables pueden ser tangibles o intangibles.

También se menciona que la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramienta y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este. Se logra mediante la aplicación adecuadas de los procesos de dirección de

proyectos identificados para el proyecto. La dirección de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficientes.

Una dirección de proyectos eficaz ayuda a individuos, grupos y organizaciones públicas y privadas a:

- Cumplir los objetivos del negocio
- Satisfacer las expectativas de los interesados
- Ser más predecibles
- Aumentar las posibilidades de éxito
- Entregar los productos adecuados en el momento adecuado
- Resolver problemas e incidentes
- Responder a los riesgos de manera oportuna
- Optimizar el uso de los recursos de la organización
- Identificar, recuperar o concluir proyectos fallidos
- Gestionar las restricciones (p. ej., alcance, calidad, cronograma, costos, recursos)
- Equilibrar la influencia de las restricciones en el proyecto (p.ej., un mayor alcance puede aumentar el costo o cronograma)
- Gestionar el cambio de una mejor manera

Los proyectos dirigidos de manera deficiente o la ausencia de dirección de proyectos pueden conducir a:

- Incumplimiento de plazos
- Sobrecostos
- Calidad deficiente
- Retrabajo
- Expansión no controlada del proyecto
- Pérdida de reputación para la organización
- Interesados insatisfechos
- Incumplimiento de los objetivos propuestos del proyecto

El presente trabajo de investigación busca evitar proyectos dirigidos de manera deficiente, porque se centra en el control del cronograma y costos con la metodología de valor ganado (EVM) que brinda el PMBOK, se mostró el marco teórico de la metodología de valor ganado (EVM) en la gerencia de proyectos, la caracterización de los proyectos de construcción de la empresa y la metodología de valor ganado (EVM) en un proyecto de construcción.

II. ASPECTOS CONCEPTUALES

El método del valor ganado es una metodología que proporciona una perspectiva integral del alcance, el cronograma y el desempeño del costo. Donde integra la línea base del alcance con la línea base del costo, junto con la línea base del cronograma, para generar la línea base para la medición del desempeño, que facilita la evaluación y la medida del desempeño y del avance del proyecto por parte del equipo del proyecto. 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, este análisis de valor ganado compara la línea base para la medición del desempeño con respecto al desempeño real del cronograma y del costo.

El método de valor ganado (EVM), establece y monitorea tres dimensiones clave para cada paquete de trabajo y cada cuenta de control:

-Valor planificado: el valor planificado (PV) es el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Es el presupuesto autorizado asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS), sin contar con la reserva de gestión, este presupuesto se adjudica por fase a lo largo del proyecto, pero para un punto dado en el tiempo, el valor planificado establece el trabajo físico que se debería haber llevado a cabo hasta ese momento. El PV total se conoce en ocasiones como la línea base para la medición del desempeño (PMB). El valor planificado total para el proyecto también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC).

-Valor ganado: el valor ganado (EV) es la medida del trabajo realizado expresado en términos de presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado. El EV medido debe corresponder con la PMB y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente. El EV se utiliza a menudo para calcular el porcentaje completado de un proyecto, deberían establecerse criterios de medición del avance para cada componente de la EDT/WBS, con objeto de medir el trabajo en curso. Los directores de proyecto monitorean el EV, tanto sus incrementos para determinar el estado actual, como el total acumulado, para establecer las tendencias de desempeño a largo plazo.

-Costo real: El costo real (AC) es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo específico. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC debe corresponderse, en cuanto definición, con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido por el EV (p. ej., solo horas directas, solo costos directos o todos los costos, incluidos los costos indirectos). El AC no tiene límite superior; se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV.

El análisis de variaciones en el EVM constituye la explicación (causa, impacto y acciones correctivas) de las variaciones de costo ($CV=EV-AC$), cronograma ($SV=EV-PV$), y de la

variación a la conclusión ($VAC=BAC-EAC$). Las variaciones que se analizan más a menudo son las relativas al costo y al cronograma. Para proyectos que no realizan un análisis de valor ganado, se pueden realizar análisis de variaciones similares mediante la comparación entre el costo planificado y el costo real para detectar las desviaciones entre la línea base de costos y el desempeño real del proyecto, entre las variaciones que se utiliza en el EVM son las siguientes:

-Variación del cronograma: la variación del cronograma (SV) es una medida de desempeño del cronograma que se expresa como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado. Determina en qué medida el proyecto está adelantado o retrasado en relación con la fecha de entrega, en un momento determinado. Es una medida del desempeño del cronograma en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV). En el EVA, la variación del cronograma es una métrica útil, ya que puede indicar un retraso o adelanto del proyecto con respecto a la línea base del cronograma. La variación del cronograma en el EVA en última instancia será igual o cero cuando se complete el proyecto, porque ya habrán ocurrido todos los valores planificado. Es recomendable utilizar la variación del cronograma en conjunto con el método de programación de la ruta crítica (CPM) y la gestión de riesgos. Formula: $SV=EV-PV$

-Variación del costo. La variación del costo (CV) es el monto del déficit o superávit presupuestarlo en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real. Es una medida del desempeño del costo en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos el costo real (AC) y la cantidad realmente gastada. La CV es particularmente crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos. Una CV negativa es a menudo difícil de recuperar para el proyecto. Formula: $CV=EV-AC$.

-Índice de desempeño el cronograma. El índice de desempeño del cronograma (SPI) es una medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado. Refleja la medida de la eficiencia con el que el equipo del proyecto está llevando a cabo el trabajo. En ocasión se utiliza en combinación con el índice de desempeño del costo (CPI) para proyectar las estimaciones finales a la conclusión del proyecto. Un valor de SPI inferior a 1,0 indica que la cantidad de trabajo llevada a cabo es menor que la prevista. Un valor de SPI superior a 1,0 indica que la cantidad de trabajo efectuada es mayor a la prevista. Puesto que el SPI mide todo el trabajo del proyecto, se debe analizar asimismo el desempeño en la ruta crítica, para así determinar si el proyecto terminará antes o después de la fecha de finalización programada. El SPI es igual a la razón entre el EV y el PV. Formula: $SPI=EV/PV$

-Índice de desempeño del costo. El índice de desempeño del costo (CPI) es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo real. Se considera la métrica más crítica del EVA y mide la eficiencia del costo para el trabajo completado. Un valor de CPI inferior a 1,0 indica un costo superior al planificado con respecto al trabajo completado. Un valor de CPI superior a 1,0 indica un

costo inferior con respecto al desempeño hasta la fecha. El CPI es igual a la razón entre el EV y el AC. Formula: $CPI=EV/AC$ [1].

Los autores, Koke & Moehler en el año 2019, establece que a medida que la sostenibilidad aumenta en importancia para el sector de gestión de proyectos, crece la necesidad de aplicar técnicas de gestión a los objetivos de sostenibilidad. Sin embargo, las herramientas genéricas para medir el desempeño de los objetivos e iniciativas de sostenibilidad son escasas. La medición tradicional del rendimiento del proyecto utiliza el método de Gestión del Valor Ganado (EVM) para medir el tiempo, el costo y el alcance. En su investigación determinarían si EVM se puede adaptar para medir el desempeño de los objetivos de sostenibilidad en los proyectos. Mediante dos revisiones sistemáticas de literatura (SLR) que realizaron los autores, investigaron los cuerpos de conocimiento de "sostenibilidad en la gestión de proyectos" y "gestión del valor ganado". Se identificó un total de 2.232 publicaciones de 6 bases de datos de ambos campos a través de los dos SLM y se analizaron mediante un proceso de selección en dos etapas. La revisión encontró que el método de control de proyectos EVM aún no se ha utilizado para rastrear el desempeño de la sostenibilidad en los proyectos. Por lo tanto, desarrollaron el marco conceptual para la "Gestión del Valor Ganado". Concluyendo así que, incorporando la sostenibilidad en el caso de negocios (en lugar del alcance), extendiendo el monitoreo al ciclo de vida del producto, abordando el triple resultado final y traduciendo los indicadores genéricos de sostenibilidad en términos monetarios para expresar el valor creado a través del rendimiento mejorado de los recursos (en lugar de gastos)), EVM se puede traducir y aplicar a la medición de la sostenibilidad y el rendimiento del proyecto. El marco conceptual presentado en su investigación sentó las bases teóricas para una nueva herramienta de gestión de proyectos para seguir el logro de los objetivos de sostenibilidad en los proyectos [2].

Por otra parte, mediante el uso de protocolos estándar de Gestión del Valor Ganado (EVM), el enfoque actual del Programa Ganado (ES) se amplía y formaliza para establecer su fundamento teórico riguroso. Se proporciona una definición precisa de lo que llamamos la duración ganada del proyecto, cuya creación completa la tríada de duraciones planificadas, reales y ganadas, (Warburton & Cioffi, 2016). La fórmula ES publicada surge como una aproximación lineal, pero se encuentra que funciona con algunos perfiles de costos no lineales, y se observan las condiciones bajo las cuales proporciona estimaciones de duración correctas e incorrectas. En los diversos perfiles funcionales de valor planificado y ganado examinados, no se requieren aproximaciones para derivar una expresión analítica exacta para la duración final; La mayoría de las fórmulas de duración son sencillas y útiles. La confiabilidad y precisión de las fórmulas de duración se demuestran con varios ejemplos de datos de proyectos reales y no lineales que representan grandes clases de proyectos [3]

En este sentido, el esfuerzo que dedica el gerente del proyecto se reduce, ya que un desglose del WBS ya no es necesario para cada período de revisión. En la investigación anterior se estableció un extenso experimento computacional para probar y comparar cuatro

métodos de regresión multivariados distintos en una base de datos de proyectos de redes. Se encontró que el método de regresión del componente principal del núcleo, cuando se usa con un núcleo de función de base radial, supera a los otros métodos de regresión presentados [4]. La gestión de proyectos de valor ganado (EVPM) es una herramienta eficaz para gestionar el rendimiento del proyecto. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre extensiones y las aplicaciones de EVPM se concentran en mejorar el costo final y las estimaciones de duración en lugar de mejorar el uso del valor planificado (PV) para predecir el valor ganado (EV) y el valor de costo real (AC).

Long, Tong, & Lien en el año 2016, propone un método de modelado directo para mejorar el poder predictivo de PV antes de ejecutar un proyecto. Al utilizar este método de modelado, este estudio desarrolló modelos de pronóstico de EV y AC para cuatro proyectos de caso. La validación de pronóstico fuera de la muestra utilizando el error porcentual absoluto medio (MAPE) demostró que el método propuesto mejora la precisión del pronóstico en un promedio de 23.66% y 17.39%, respectivamente, para EV y AC. Esta mejora en el poder predictivo de PV antes de la ejecución del proyecto proporciona a la gerencia información predictiva más confiable sobre el rendimiento de EV y AC, lo que permite una acción proactiva efectiva para asegurar resultados de desempeño favorables [5].

Teniendo en cuenta las propuestas emergentes de modelados, los autores Batselier & Vanhoucke en el año 2015 establece que:

“En los últimos años, se han propuesto una variedad de enfoques novedosos para cumplir con la importante tarea de gestión de pronosticar con precisión la duración del proyecto, muchos de ellos basados en la metodología de gestión del valor ganado (EVM). Sin embargo, estos enfoques de vanguardia a menudo no se han probado adecuadamente en una gran base de datos, ni su validez ha sido comprobada empíricamente. Por lo tanto, evalúan la precisión y oportunidad de tres técnicas deterministas prometedoras y sus combinaciones mutuas en una base de datos de proyectos de la vida real. Más específicamente, dos técnicas integran respectivamente el retrabajo y la sensibilidad a la actividad en el pronóstico del tiempo EVM como extensiones, mientras que un tercero calcula de manera innovadora el rendimiento del cronograma a partir de métricas basadas en el tiempo y se denomina apropiadamente gestión de duración ganada o EDM (t). Los resultados indican que las tres técnicas consideradas son relevantes. Más concretamente, las dos extensiones EVM exhiben potencia que mejora la precisión para diferentes aplicaciones, mientras que EDM (t) funciona de manera muy similar a los mejores métodos EVM y muestra potencial para mejorarlos” [6].

El concepto de monitoreo y control de cronogramas como una de las funciones más importantes de la gestión de proyectos y programas no se ha explotado completamente. Una posible explicación podría ser el dominio del Sistema de Gestión del Valor Ganado (EVMS, también conocido como EVM). EVM se desarrolló originalmente como una herramienta de control y gestión de costos que también se extendió para seguir el cronograma. EVM y sus derivados (por ejemplo, el cronograma ganado) usan el costo como un proxy para medir el

rendimiento del cronograma y controlar la duración del proyecto. Si bien existe una correlación entre el cronograma, el costo, la calidad y el alcance de un proyecto, el uso del costo para controlar la duración ha demostrado ser engañoso. En contraste con el Valor Ganado y el Cronograma Ganado, los autores han desarrollado la Gestión de la Duración Ganada (EDM) en la que han desacoplado el cronograma y las medidas de rendimiento de costos y desarrollado una serie de índices para medir el progreso y el rendimiento del programa y el costo, así como el eficacia y eficiencia del plan en cualquier nivel del proyecto. Estos nuevos índices son fáciles de entender, tienen aplicaciones más amplias y pueden ser utilizados por contratistas, clientes y las oficinas de programación para evaluar y medir el rendimiento del cronograma. Las medidas de rendimiento de duración recientemente desarrolladas se basan en el cronograma y se pueden usar para pronosticar la fecha de finalización del proyecto [7]

(Caron, Ruggeri, & Merli, 2013), establece que el pronóstico representa un proceso central de gestión de proyectos. Las estimaciones al finalizar en términos de costo y cronograma brindan datos y consejos esenciales al equipo del proyecto para liderar y controlar el proyecto e implementar medidas correctivas adecuadas. Con el fin de mejorar el proceso de pronóstico, los autores desarrollaron un modelo bayesiano dentro del marco de gestión del valor ganado con el objetivo de calcular un intervalo de confianza para las estimaciones de costo y cronograma al finalizar el proyecto. El modelo se basa en la integración de registros de datos y conocimientos cualitativos proporcionados por expertos. El modelo ha sido probado en un proyecto de petróleo y gas [8]

De acuerdo con la investigación de Acebes, Pajares, Galán, & López en el año 2014, se sugiere una nueva metodología, para el control de proyectos bajo incertidumbre, en particular, integrando la metodología del valor ganado (EVM) con análisis de riesgo del proyecto, resultando así que la metodología ayuda a los gerentes de proyecto a saber si las desviaciones del proyecto de los valores planificados están dentro de las desviaciones "esperadas" derivadas de la variabilidad planificada de la actividad [9].

El valor ganado es una técnica líder en el monitoreo y análisis del desempeño y el progreso del proyecto. Aunque permite la medición exacta del progreso del proyecto y puede descubrir cualquier desviación de tiempo y costo del plan, su capacidad para informar el nivel de desviación aceptado no está bien estudiada. El estudio realizado por Aliverdi, Naeni y Salehipour en 2013, presenta un enfoque para superar esta limitación mediante la aplicación de gráficos estadísticos de control de calidad para monitorear los índices de valor ganado. Para este propósito, los índices de rendimiento de tiempo y costo del proyecto de un proyecto de construcción real se monitorearon regularmente en gráficos de control individuales. Los resultados fueron bastante prometedores, y no solo compitieron bien con los enfoques tradicionales, sino que también mejoraron el conocimiento del equipo sobre el desempeño del proyecto [10]. A la final estos autores concluyeron que el enfoque propuesto mejora

sustancialmente el esquema de control del proyecto y mejora la capacidad de la técnica del valor ganado.

Los autores Pajares y Lopez, 2011, proponen dos nuevas métricas que combinan la Gestión del Valor Ganado (EVM) y la Gestión del Riesgo del Proyecto para el control y monitoreo del proyecto. Comparan el costo de EVM y las variaciones del cronograma con la desviación que el proyecto debería tener bajo las condiciones esperadas del análisis de riesgos. Estos dos índices permiten a los gerentes de proyecto analizar si los excesos del proyecto están dentro de la variabilidad esperada o si hay cambios estructurales y sistémicos durante el ciclo de vida del proyecto. Los nuevos índices de monitoreo que presentaron fueron el Índice de Control de Costos y el Índice de Control de Cronogramas [11]

Durante la construcción del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN, el Laboratorio Europeo de Física de Partículas, cerca de Ginebra, Suiza, en 2003, se introdujo un nuevo sistema de gestión del valor ganado (EVM) para mejorar la transparencia en la presentación de informes de proyectos de LHC, para permitir una distinción más clara entre las diferencias de costos en la línea de base debido a los excesos y los retrasos resultantes, y para proporcionar al equipo de gestión de proyectos más sistema de información de gestión de proyectos reactivo para una mejor toma de decisiones. EVM se ha convertido en un estándar para el seguimiento del costo y el cronograma y se ofrecen varios paquetes comerciales para implementar un sistema EVM. Pero debido a que ninguno de estos paquetes cumplía con los requisitos del CERN, su gerencia ejecutiva decidió proceder con un desarrollo interno. (Bonnal, De Jonghe, & Ferguson, proporciona una visión general de lo que el CERN considera buenos requisitos para un sistema EVM adecuado para proyectos a gran escala: se aplican las dimensiones orientables, colaborativas y de gestión eficiente, La gestión de proyectos de valor ganado es un sistema de gestión bien conocido que integra el costo, el cronograma y el rendimiento técnico. Permite el cálculo de costos y variaciones de cronograma e índices de rendimiento y pronósticos de costo de proyecto y duración de cronograma. El método del valor ganado proporciona indicaciones tempranas del desempeño del proyecto para resaltar la necesidad de una acción correctiva eventual. La gestión del valor ganado se desarrolló originalmente para la gestión de costos y no se ha utilizado ampliamente para pronosticar la duración del proyecto. Sin embargo, las tendencias de investigación recientes muestran un mayor interés por utilizar indicadores de desempeño para predecir la duración total del proyecto [12] .

Vandevoorde & Vanhoucke, dan una visión general del conocimiento de vanguardia para esta nueva tendencia de investigación para aportar claridad en la terminología, comparando los indicadores clásicos de rendimiento del valor ganado SV y SPI con los indicadores de rendimiento del programa ganado recientemente desarrollados SV(t) y SPI(t) [13].

Finalmente, Kim, Wells, & Duffey en 2003, establecen que:

“Para una mejor implementación de la metodología de Gestión del Valor Ganado (EVM) en diferentes tipos de organizaciones y proyectos (por ejemplo, públicos y privados;

proyectos grandes y pequeños), se desarrolló un modelo basado en un esfuerzo de investigación durante un período de 2 años. Los resultados incluyen (1) EVM está ganando una mayor aceptación debido a opiniones más favorables relacionadas con la disminución de los problemas de EVM y la mejora de las utilidades; y (2) un enfoque más amplio que considere cuatro grupos de factores (es decir, usuarios de EVM, metodología EVM, entorno del proyecto, proceso de implementación) juntos puede mejorar significativamente la aceptación y el rendimiento de EVM en diferentes tipos de organizaciones y proyectos” [14].

III. Metodología

Se manejó un enfoque cuantitativo, porque se utilizó técnicas de encuestas y cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas, con el propósito de conocer las técnicas o metodología que utilizan en los procesos de seguimiento y control del cronograma y costo en los proyectos de construcción en la empresa en estudio.

De acuerdo con la respuesta obtenida en la encuesta, se realizó un análisis del estado actual que presentan los proyectos en el proceso de control y monitoreo de los proyectos. Utilizando la información obtenida en el diagnóstico se logró caracterizar los procesos, debilidades de la organización. Para el monitoreo y control de los costos, tiempos y alcance, se evidenció la utilización de herramientas.

Por último, se realiza la aplicación de la herramienta de valor ganado de (EVM), para lograr cerrar la brecha de no éxito de los proyectos que existe actualmente, por tal motivo y teniendo en cuenta el estado del arte y el aporte de los diferentes autores se manifiesta la importancia de contar con esta herramienta.

IV. RESULTADOS

A. Caracterización de los Proyectos De Construcción

Control de los proyectos

Tabla 1. Control de los proyectos.

PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿En la empresa para la evaluación del desempeño y control de los proyectos utilizan la herramienta de Valor Ganado (EVM)?	No
¿Qué herramienta para la evaluación del desempeño y control de los proyectos en la empresa?	Seguimiento Curva S (Costos y Tiempo) – Costo incurrido en el tiempo

¿En la empresa del método de Gerencia del Valor Ganado (Earned Value Management – EVM) usted calcula?

En sus proyectos tienen en cuenta los siguientes indicadores de desempeño

	No utiliza método de Valor Ganado	% Presupuesto ejecutado y % Avance del Cronograma
--	-----------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia - Respuesta de la encuesta

Los coordinadores de proyectos de la empresa no manejan las herramientas adecuadas para el monitoreo y control de los costos, tiempos y alcance, ya que se evidencia la utilización de la herramienta curva S; siendo esta una herramienta básica para identificar los excesos de los costos en el presupuesto y el incumplimiento en la programación de obra los y retrasos de forma temprana. También realizan el control de las actividades y cantidades en formatos en Excel.

Para finalizar, se ve la necesidad de aplicar una herramienta de valor ganado de (EVM), para lograr cerrar la brecha de no éxito de los proyectos que existe actualmente, por tal motivo y teniendo en cuenta el estado del arte y el aporte de los diferentes autores se manifiesta la importancia de contar con esta herramienta.

B. Presentación de la herramienta de Valor Ganado (EVM) en un Proyecto de Construcción

Para el diseño de la herramienta de valor ganado (EVM), se contrató un profesional en programación de la ciudad de Medellín, departamento de Antioquia, que realizó 5 versiones de la herramienta, ya que desde la primera versión a medida que se aplicaba en un proyecto de construcción, se presentaron errores en cuanto el porcentaje de avance, es decir no lo tomaba como porcentaje (%) si no como un costo (\$), la duración total de la actividad era incorrecta porque la tomaba siempre desde la semana 1 y no desde el presupuesto (PV) inicio hasta el presupuesto (PV) final, el botón de ingresar un proyecto nuevo no limpiaba totalmente todas las celdas que tenían información de proyectos anteriores, entre otros errores. De igual manera se realizaron mejoras para el buen funcionamiento, para que sea didáctica y cómoda de usar para un coordinador de proyectos de construcción, que quiera monitorear los tiempos y costos.

La herramienta de valor ganado (EVM) es automatizada con una programación interna que ayuda el desarrollo del proceso de monitoreo y control de un proyecto de construcción desde el inicio hasta el final, para evitar los retrasos y disminuir los costos de los proyectos. Esta herramienta es de versión Visual Basic en Excel, es una hoja de cálculo habilitada para macros de Microsoft Excel que funciona en un sistema operativo de 64 bits con procesador de x64 de Windows 10 desarrollado por Microsoft. Se diseñó teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la metodología de valor ganado (EVM), el presupuesto (PV) lo

establece el gerente de la empresa, el costo actual (AC) y el porcentaje de avance lo proporciona el director o residente de obra, teniendo los datos de estos tres parámetros, la herramienta automáticamente nos arroja los resultados de las variaciones e índices de los costos y tiempos, así como los pronósticos que nos ayudaría a realizar un análisis confiable sobre cómo va terminar el proyecto de construcción.

C. Uso de la Herramienta de Valor Ganado (EVM)

-Se ingresa a la primera hoja de la herramienta de valor ganado llamada “HOJA MAESTRA” como se muestra a continuación:

1. HOJA MAESTRA

Figura 1. Hoja Maestra

Al momento de ingresar a la hoja maestra, se ingresa el nombre del proyecto, el nombre del Project Manager, el presupuesto total del proyecto (BAC), como se muestra a continuación:

INFORME DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO
Project Manager	ESTEFANI ROYERO GARCÍA
Unidad Periodo Seguimiento	SEMANA
Paquetes de Trabajo	41
Presupuesto Total del Proyecto (BAC)	\$ 3,909,193,881.00
Metodología Control	VALOR GANADO
Tipo de Estimaciones para ETC	TÍPICA
Numero de Periodos del Proyecto	12

Figura 2. Información del proyecto

-Unidad periodo seguimiento: esta opción muestra las diferentes unidades de tiempo que el Project Manager desee elegir para hacer el análisis del proyecto de construcción. Para el presente proyecto de construcción de alcantarillado la unidad de periodo de seguimiento es SEMANA.

Unidad Periodo Seguimiento	SEMANA
Paquetes de Trabajo	41
Presupuesto Total del Proyecto (BAC)	\$ 3,909,193,881.00
Metodología Control	VALOR GANADO

Figura 3. Unidad periodo de seguimiento

-Paquetes de trabajo: esta opción muestra la cantidad de paquetes de trabajo o actividades que el Project Manager desee elegir para hacer el análisis del proyecto de construcción.


Para el presente proyecto de construcción de alcantarillado son 41 paquetes de trabajo.



Unidad Periodo Seguimiento	SEMANA
Paquetes de Trabajo	41
Presupuesto Total del Proyecto (BAC)	
Metodología Control	
Tipo de Estimaciones para ETC	TIPICA

Figura 4. Paquetes de trabajo

-Metodología de control: en esta opción siempre se va a elegir la metodología de Valor Ganado, como se muestra a continuación:



Metodología Control	VALOR GANADO
Tipo de Estimaciones para ETC	
Numero de Periodos del Proyecto	12

Figura 5. Metodología de control

Tipo de estimaciones para ETC: esta opción muestra los diferentes tipos de estimaciones que se manejan en un proyecto de construcción:

Estimación atípica: es donde el proyecto sigue de acuerdo con el plan original.

Estimación típica: es donde el proyecto se sigue comportando como hasta la fecha.

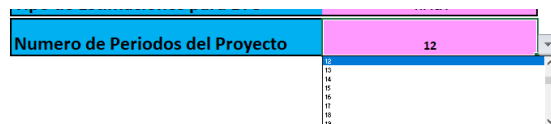
Replanificar: se hace un análisis para hacer estimaciones de acuerdo con una nueva planificación. Para el presente proyecto de construcción se elige la opción típica.



Tipo de Estimaciones para ETC	TIPICA
Numero de Periodos del Proyecto	12

Figura 6. Tipo de estimaciones para ETC

-Número de periodos del proyecto: esta opción se ingresa la cantidad de periodos según la unidad periodo escogida, de acuerdo con el análisis que realizara el Project Manager para el proyecto de construcción. Para el presente proyecto de construcción de alcantarillado son 12 semanas, el número de periodos del proyecto.



Numero de Periodos del Proyecto	12
---------------------------------	----

Figura 7. Numero de periodos del proyecto

-Elaboración de la EDT (Estructura de desglose de trabajo): De acuerdo con el PMBOK Sexta Edición, la EDT es el proceso que consiste en subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar. Esta

descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a ser realizado por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos.

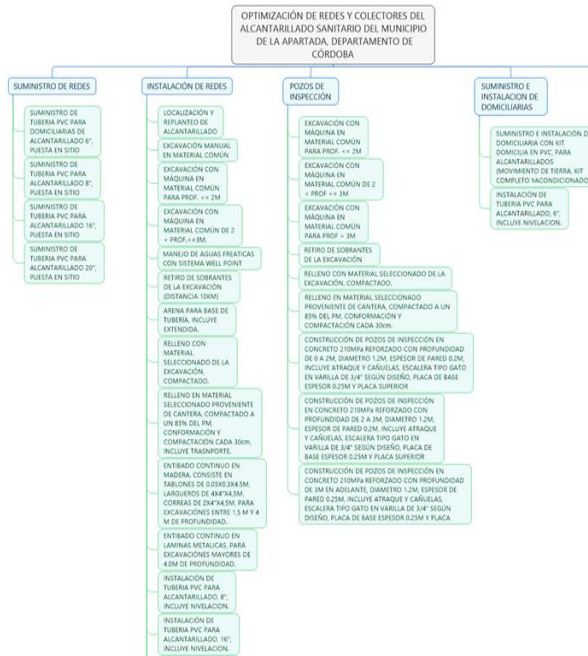


Figura 8. EDT - Proyecto de construcción de alcantarillado

-Registrar información del proyecto – valor planeado (PV), costo actual (AC) y % de avance: Hay dos opciones para ingresar a la hoja donde se registra la información

-Primera opción: Ingresar en la HOJA MAESTRA, en el botón registrar información del proyecto, automáticamente se llega a la hoja información del proyecto para ingresar el valor planeado (PV), costo actual (CA) y % de avance.

En esta hoja también se encuentra en botón iniciar proyecto nuevo, donde se borra toda la información que se tenga de proyectos anteriores.



Royero
Ingeniería

INFORME DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO
Project Manager	ESTEFANI ROYERO GARCÍA
Unidad Periodo Seguimiento	SEMANA
Paquetes de Trabajo	42
Presupuesto Total del Proyecto (BAC)	1.900.198.861.000
Metodología Control	VALOR GANADO
Tipo de Estimaciones para ETC	TÍPICA
Numero de Periodos del Proyecto	12




Figura 9. Hoja maestra

-Segunda opción: Ingresar a la hoja INFORMACIÓN DE PROYECTOS, en esta hoja se encuentra el botón de registrar información del proyecto y el botón iniciar un proyecto nuevo, como se muestra a continuación:

2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Figura 10. Información del proyecto



Figura 11. Registrar información del proyecto e iniciar proyecto nuevo

-Registrar información del proyecto: Se da clic en el botón registrar información del proyecto y se despliega una ventana que nos indica la información que debe registrar el Project Manager, como se muestra a continuación:

A form for entering project information. It contains the following fields:

- Selecciona la actividad: 1 (dropdown menu)
- Nombre de la actividad: (text input)
- Selecciona SEMANA: 1 (dropdown menu)
- Presupuesto (PV): (text input)
- Costo Real (AC): (text input)
- Porcentaje de avance: (text input)

At the bottom, there are two buttons: 'Guardar' and 'Salir'.

Figura 12. Ventana para ingresar la información del proyecto

-Selecciona la actividad: se pueden ingresas hasta 100 actividades por proyecto de construcción, para el presente proyecto de construcción de alcantarillado se llegó a 41 actividades, el Project Manager ingresa la actividad que desee registrar la información requerida, de acuerdo con su plan de trabajo.

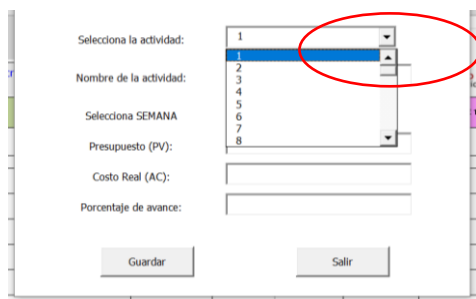


Figura 13. Selecciona la actividad

-Nombre de la actividad: En esta opción se escribe el nombre de la actividad, en el proyecto de construcción de alcantarillado la primera actividad es localización y replanteo de alcantarillado.

Selecciona la actividad: 1

Nombre de la actividad: LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE AI

Selecciona SEMANA: 1

Presupuesto (PV):

Costo Real (AC):

Porcentaje de avance:

Guardar Salir

Figura 14. Nombre de la actividad

-Selecciona semana: Esta opción indica el periodo que se desee registrar la información; hasta 60 periodos se puede registrar la información de acuerdo la unidad de tiempo elegida en la hoja maestra. Para el presente proyecto de construcción se utilizaron 12 periodos con la unidad de tiempo en semanas.

Selecciona la actividad: 1

Nombre de la actividad: LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE AI

Selecciona SEMANA: 11

Presupuesto (PV):

Costo Real (AC):

Porcentaje de avance:

Guardar Salir

Figura 15. Selecciona periodo de acuerdo con la unidad de tiempo elegida en la hoja maestra

-Presupuesto (PV): se ingresa el presupuesto planeado de la actividad y del periodo que se desee analizar, para el ingreso del presupuesto (PV) es necesario ingresar todos los decimales y el tabulador sea en puntos.

Selecciona la actividad: 1

Nombre de la actividad: LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE AI

Selecciona SEMANA: 1

Presupuesto (PV): 1264697.54545455

Costo Real (AC):

Porcentaje de avance: 9

Guardar Salir

Figura 16. Presupuesto (PV)

-Costo real (AC): Se ingresa el costo real que se gastó para la actividad y periodo elegido, para el ingreso del presupuesto (PV) es necesario ingresar todos los decimales y el tabulador sea en puntos.

Selecciona la actividad: 1

Nombre de la actividad: LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE AI

Selecciona SEMANA: 1

Presupuesto (PV): 1264697.54545455

Costo Real (AC): 1138227.79

Porcentaje de avance:

Guardar Salir

Figura 17. Costo Real (AC)

-Porcentaje de avance: Se ingresa el porcentaje de avance de la actividad y periodo elegido.

Selecciona la actividad: 1

Nombre de la actividad: LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE AI

Selecciona SEMANA: 1

Presupuesto (PV): 1264697.54545455

Costo Real (AC): 1138227.79

Porcentaje de avance: 9

Guardar Salir

Figura 18. Porcentaje de avance de la actividad

-Opción guardar y salir: Después de haber ingresado la información requerida de la actividad y periodo elegido se da clic en guardar y después clic en salir.



Figura 19. Opción guardar y salir

-Resultados: Después de haber ingresado la información en la hoja INFORMACIÓN DEL PROYECTO, automáticamente se ve reflejado los resultados de la aplicación de la metodología de valor ganado (EVM) del proyecto analizado.

-Primera opción: Se da clic en el hipervínculo RESULTADOS, en la hoja donde se registra la información del proyecto, como se muestra a continuación.

	1	2	3	4
	% DE AVANCE 1	Ppto (PV) SEMANA 2	COSTO REAL (AC)	% DE AVANCE 2
79	9%	\$ 1,264,697.55	\$ 1,897,046.32	10%
78	8%	\$ 1,282,967.18	\$ 17,089,450.77	11%

Figura 20. Resultados en la hoja donde se registra la información del proyecto

-Segunda opción: se ingresa en la hoja RESULTADOS, como se muestra a continuación:

3. RESULTADOS

Figura 21. Resultados de valor ganado (EVM)

A continuación, se presenta los informes de costos, de tiempo y los pronósticos con sus respectivas graficas del proyecto de construcción de alcantarillado:

-Informes de costos: Este informe muestra el análisis de los periodos que se desean estudiar, para el presente proyecto se analizaron las 4 primeras semanas.

-Variación del costo (CV) (\$): esta variable indica que, si el valor en pesos es positiva está por debajo del costo planificado, si es igual a cero está dentro del costo planificado y si es negativa está por encima del costo planificado.

-Índice de desempeño del costo (CPI): este índice indica que si el valor del periodo en estudio es mayor de 1.0 presenta un uso eficiente de los recursos, si es igual a 1.0 está dentro del costo planificado y menos de 1.0 es un uso ineficiente de los recursos.

Para el proyecto de construcción de alcantarillado las cuatro primeras semanas de la ejecución de las actividades, se presenta un sobrecosto, porque la variación del costo arroja valores negativos y el índice de desempeño del costo arroja indicadores menores que uno, es decir que se están haciendo uso ineficiente del presupuesto. Estos sobrecostos se generan por variaciones en el cronograma, porque cuando se genera retrasos en la obra, aumentan los costos de la administración, también hubo errores en la cotización de los precios en los materiales y equipos, por último, no hay un adecuado control en el presupuesto.

Tiendo este resultado en las primeras cuatro semanas, el gerente de la organización debe tomar decisiones para evitar que se siga gastando más de lo planificado.

Variable	1	2	3	4
CV	\$ (58,419,536.63)	\$ (38,132,444.17)	\$ (67,339,288.73)	\$ (5,780,874.25)
a Cero =	<i>Por encima del costo planificado</i>	<i>Por encima del costo planificado</i>	<i>Por encima del costo planificado</i>	<i>Por encima del costo planificado</i>
CPI	0.771	0.932	0.920	0.996
1 = Dentro	<i>Uso ineficiente del presupuesto</i>	<i>Uso ineficiente del presupuesto</i>	<i>Uso ineficiente del presupuesto</i>	<i>Uso ineficiente del presupuesto</i>

Figura 22. Informe de costos

-Informe de cronograma: Este informe muestra el análisis de los periodos que se desean estudiar, para el presente proyecto se analizaron las 4 primeras semanas.

-Variación del cronograma (SV) (\$): esta variable indica que, si el valor en pesos es positivo el cronograma termina antes de lo previsto, si es igual a cero está a tiempo a terminar y si es negativa está retrasado el proyecto.

-Índice de desempeño del cronograma (SPI): este índice indica que si el valor del periodo en estudio es mayor a 1 es más fácil de completar el cronograma, si es igual a 1 esta exactamente ajustado al cronograma y si es menor que 1 es más difícil para completar el cronograma.

Para el proyecto de construcción de alcantarillado la primera y la tercera semana se retrasaron las actividades de obra, porque hubo condiciones atmosféricas desfavorables, pérdida de productividad del personal de trabajo, inadecuado control y monitoreo de la programación de obra y la falta de experiencia en algunas actividades que se encuentra consignada en el alcance del proyecto. Para la segunda y cuarta semana se mejoró el rendimiento del personal de trabajo y condiciones climáticas mejoraron para realizar los trabajos en obra.

Tiendo este resultado en las primeras cuatro semanas, el gerente de la organización debe tomar decisiones para tener un resultado en el cronograma lineal y no tener variaciones en cada semana.

Variable	1	2	3	4
SV	\$ (36,062,470.30)	\$ 15,432,606.12	\$ (10,350,733.75)	\$ 99,161,662.75
tiempo y	<i>Retrasado</i>	<i>Antes de lo previsto</i>	<i>Retrasado</i>	<i>Antes de lo previsto</i>
SPI	0.85	1.03	0.99	1.08
actamente	<i>Mas difícil para completar</i>	<i>Mas facil de completar</i>	<i>Mas difícil para completar</i>	<i>Mas facil de completar</i>

Figura 23. Informe de cronograma

-Pronósticos: a continuación, se presenta los pronósticos del proyecto:

Estimación de la conclusión (EAC) – cuánto costará el proyecto al finalizar: si el proyecto se sigue comportando como hasta la fecha, el proyecto costará \$3,926,832,105.92.

Estimación hasta la conclusión (ETC): al finalizar la semana 4, es necesario un gasto de \$2,639,824,897.97 para terminar el proyecto de construcción de alcantarillado.

Variación a la conclusión (VAC): es la diferencia del presupuesto y lo que esperamos gastar, para el proyecto de construcción se ha gastado \$17,638,224.92 más de lo presupuestado.

Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI): al finalizar la semana 4, nos indica que, si el índice del desempeño del trabajo por completar es mayor que 1 es más difícil de completar, igual a 1 es exactamente lo mismo trabajo para completar y menor a 1 es más fácil para completar. De acuerdo con lo anterior, el proyecto al finalizar la semana cuatro presenta un TCPI mayor que uno, indicando que es necesario tomar acciones para mejorar el recurso humano para no exceder al presupuesto inicial.

EAC	\$ 5,067,378,141.57	\$ 4,193,971,945.98	\$ 4,249,987,268.11	\$ 3,926,832,105.92
ETC	\$ 4,811,776,426.85	\$ 3,632,389,363.78	\$ 3,410,208,297.70	\$ 2,639,824,897.97
VAC	\$ (1,158,184,260.57)	\$ (284,778,064.98)	\$ (340,793,387.11)	\$ (17,638,224.92)
TCPI	1.016	1.011	1.022	1.002
1 = Exactamente	Más difícil de completar	Más difícil de completar	Más difícil de completar	Más difícil de completar

Figura 24. Pronósticos

- Gráficos de costos, cronograma, pronósticos y valor ganado



Ilustración 24. Ruta de acceso para el ingreso de las graficas

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En la elaboración del estado del arte se encontró que la técnica de valor ganado en gerencia de proyectos es una metodología que proporciona una perspectiva integral del alcance, el cronograma y el desempeño del costo. Donde integra la línea base del alcance con la línea base del costo, junto con la línea base del cronograma, para generar la línea base para la medición del desempeño, que facilita la evaluación y la medida del desempeño y del avance del proyecto por parte del equipo del proyecto, de acuerdo al PMBOK, sexta edición, 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, este análisis de valor ganado compara la línea base para la medición del desempeño con respecto al desempeño real del cronograma y del costo.

El control de proyectos ha sido un tema de investigación desde hace décadas que atrae tanto a académicos como a profesionales, ya que los sistemas de control de proyectos indican la dirección del cambio en las variables de planificación preliminar en comparación con el rendimiento real. En caso de que el rendimiento actual de su proyecto se desvíe del rendimiento planificado. Los sistemas de gestión del valor ganado han desempeñado un papel central en el control del proyecto y proporcionan métricas de rendimiento clave directas que

miden las desviaciones entre el rendimiento planificado y el real en términos de tiempo y costo.

La empresa para el control de proyectos de construcción, no utilizan la estructura de desglose del trabajo EDT. siendo esta una herramienta importante para definir el alcance total del trabajo, para que sea realizado por el equipo de trabajo y así cumplir con los objetivos y crear los entregables requeridos. También se evidencia que la para el proceso de monitoreo y control de proyectos la empresa utiliza la curva S, siendo esta una herramienta básica para identificar los sobrecostos y retrasos de forma temprana, ya que esta herramienta no integra las variables de costo, tiempo y alcance, que ayudaría a la medición del desempeño de cada una de estas variables en una misma línea base. Esta empresa no tiene ningún conocimiento sobre la metodología de valor ganado (EVM).

Para el control de proyectos de construcción de la empresa, se diseñó y se implementó una herramienta de valor ganado (EVM), donde ayudará a identificar tempranamente los retrasos y sobrecostos en la ejecución, para corregir los errores que se hallan realizados en el pasado.

La herramienta se aplicó en un proyecto de alcantarillado de la empresa, donde se analizaron las cuatro primeras semanas de la ejecución del proyecto, dando como resultado que se presenta un sobrecosto, es decir que se están haciendo uso ineficiente del presupuesto, unos de los motivos que se generó es exceso de costos, es el aumento de la administración por las variaciones en el cronogramas, ya que en dos semanas se presentaron retrasos por motivos de climas, bajo rendimiento en el personal de obra y falta de experiencia, también hubo errores en las cotizaciones de los materiales y equipos. Tiendo los resultados en las primeras cuatro semanas, el gerente de la organización debe tomar decisiones para tener un resultado en el cronograma lineal y no tener variaciones en cada semana, de igual manera no seguir con un sobrecosto en el proyecto. Si el proyecto se sigue comportando como hasta la cuarta semana costará \$3,926,832,105.92, ya que se ha gastado \$17,638,224.92 más de lo presupuestado y necesitara un gasto de \$2,639,824,897.97 para finalizar las actividades del proyecto. Por último, se hace es necesario tomar acciones para mejorar el recurso humano para no exceder al presupuesto inicial.

Para finalizar, se concluye que la aplicación de la herramienta de valor ganado (EVM) propuesta en el presente trabajo de investigación es automatizada, que ayudaría a que la organización evite sobrecosto, retrasos e incumplimiento en el alcance, porque cuenta con la metodología de valor ganado (EVM), para el monitoreo y control de los proyectos de construcción. Siendo una herramienta didáctica y fácil de aplicar para un coordinador de proyectos de construcción. La aplicación de la herramienta en la organización ayudaría a entrar al nivel 2 de madurez, de acuerdo con la escala del grado de madurez, ya que actualmente es una empresa inmadura porque no existen procesos gerenciales aplicados en los proyectos y al empezar la utilización de la herramienta en la ejecución de proyectos pocería procesos gerenciales en algunas áreas de la empresa.

Para futuras investigaciones, se recomienda la implementación de la herramienta de valor ganado (EVM) en proyectos diferentes de construcción.

REFERENCIAS

- [1] Project Management Institute [PMI], Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK), Sexta ed., EE.UU.: Project Management Institute, Inc, 2017.
- [2] B. Koke y R. C. Moehler, «Earned Green Value management for project management: A systematic review,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 230, pp. 180-197, 2019.
- [3] R. Warburton y D. Cioffi, «Estimating a project's earned and final duration,» *International Journal of Project Management*, vol. 34, pp. 1493-1504, 2016.
- [4] M. Vanhoucke y J. Colin, «On the use of multivariate regression methods for longest path calculations from earned value management observations,» *Omega*, vol. 61, pp. 127-140, 2016.
- [5] H. Long, W. Tong y Y. Lien, «Earned value project management: Improving the predictive power of planned value,» *International Journal of Project Management*, vol. 34, pp. 22-29, 2016.
- [6] J. Batselier y M. Vanhoucke, «Evaluation of deterministic state-of-the-art forecasting approaches for project duration based on earned value management,» *International Journal of Project Management*, vol. 33, pp. 1588-1596, 2015.
- [7] H. Khamooshi y H. Golafshani, «EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement,» *International Journal of Project Management*, vol. 32, pp. 1019-1041, 2014.
- [8] F. Caron, F. Ruggeri y B. Pierini, «A Bayesian approach to improving estimate to complete,» *International Journal of Project Management*, vol. 34, pp. 1687-1702, 2016.
- [9] F. Acebes, J. Pajares, J. M. Galán y A. López, «A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics,» *International Journal of Project Management*, Vols. %1 de %2423-434, p. 32, 2014.
- [10] R. Aliverdi, L. Moslemi y A. Salehipour, «Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts,» *International Journal of Project Management*, vol. 31, pp. 411-423, 2013.
- [11] J. Pajares y A. López, «An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index,» *International Journal of Project Management*, vol. 29, pp. 615-621, 2011.

- [12] J. Bonnal, J. De Jonghe y J. Ferguson, «A Deliverable - Oriented EVM System Suited to a Large-Scale Project,» PROJECT MANAGEMENT JOURNAL, pp. 67-80, 2006.
- [13] S. Vandevoorde y M. Vanhoucke, «A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics,» International Journal of Project Management, vol. 24, pp. 289-302, 2006.
- [14] E. Kim, W. G. Wells y M. R. Duffey, «A model for effective implementation of Earned Value Management methodology,» International Journal of Project Management, vol. 21, pp. 375-382, 2003.