

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES S.A.S
COMO AUXILIAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR
GANADO PARA EL CONTROL DE PROYECTOS**

CRISTIAN IVÁN MARÍN QUITIAN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES S.A.S
COMO AUXILIAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR
GANADO PARA EL CONTROL DE PROYECTOS**

CRISTIAN IVÁN MARÍN QUITIAN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR:

**Omar Giovanny Sánchez Rivera
M.Sc. Ingeniero Civil**

TUTOR

**Jherson Jhadir Bohórquez Castellanos
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios que me acompaño en este proyecto desde el inicio, a toda mi familia y amigos que me apoyaron en cada paso para poder concretar esta meta, en especial agradezco a: mi padre Gonzalo Marin Ruiz, mi madre Dora Quitian Ruiz, mis hermanos Yilmar Gonzalo Marin y Carlos David Marin, quienes me apoyaron en todo momento independientemente de las circunstancias que se presentasen, dedicarles esta meta que más que mía, es el reflejo de un trabajo conjunto de superación personal, pero más aún una superación familiar puesto es el reflejo del arduo trabajo de mi familia desde el comienzo de mi vida . Agradezco en conjunto a todos mis familiares, compañeros y amigos me apoyaron y me enseñaron grandes cosas en cada momento de este camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme forjar este camino y poner a cada una de las personas que aportaron para q esta meta se cumpliera.

En especial Agradezco a la universidad Industrial de Santander por recibirme como un hijo, agradecerle por permitirme adquirir grandes conocimientos que me forjaran tanto en mi vida profesional como personal.

Agradezco a la empresa E&C construcciones por permitirme realizar mi proyecto de grado, así como forjar mis primeras experiencias profesionales en una empresa con gran sentido de Humanidad, calidad y compromiso.

Agradezco a mi director de proyecto el Ing. Ms.c Omar Giovanny Sánchez Rivera quien siempre fue un excelente maestro, que me supo exigir y forjar una pasión por la Ingeniería Civil, solo me queda gratitud por su apoyo y dedicación, en cada paso que tuvo la oportunidad de acompañarme.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. OBJETIVOS.....	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. MARCO TEORICO.....	17
2.1 GESTIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO	17
2.2 PRESUPUESTO DE OBRA.....	17
2.3 PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	17
2.4 CONTROL DE OBRA.....	18
2.5 FECHA DE ESTADO	18
2.6 TÉCNICA DEL VALOR GANADO (EVM)	18
2.7 VALOR PLANIFICADO (PV).....	19
2.8 VALOR GANADO (EV)	19
2.9 COSTO REAL (AC).....	19
2.10 GUÍA METODOLÓGICA.....	19
2.11 LEY DE PARETO.....	20
2.12 ¿QUÉ ES E&C CONSTRUCCIONES?	22
3. PROPUESTA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES.	24
4. EVALUACIÓN PRÁCTICA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO	27
4.1 PRESUPUESTO DE OBRA.....	28

4.2	VALOR PLANIFICADO (VP).....	30
4.2.1	Costo Real (AC).....	30
4.2.2	Valor ganado (EV).	31
4.2.3	Análisis de la Variación del Programa (SV) y variación del Costo (AC) Para el corte al 30 de julio de 2018.	34
4.2.4	Análisis de variación e indicadores del costo..	36
4.3	PRONÓSTICOS-PROYECCIONES ESTIMADAS.....	41
4.4	DESEMPEÑO GLOBAL DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	44
5.	CONCLUSIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA	52
	ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Terminología y tabla resumen cálculos Técnica del Valor Ganado.....	20
Tabla 2. Parámetros iniciales para la aplicación de la Técnica del Valor Ganado.	28
Tabla 3. Presupuesto de obra urbanización San Jerónimo.....	29
Tabla 4. Porcentajes de Valor Planificado (PV) en la Urbanización San Jerónimo	33
Tabla 5. Costo real (AC) del proyecto – Información suministrada por E&C.....	33
Tabla 6. Análisis de gasto acumulados del proyecto hasta el 30 de julio de 2018	35
Tabla 7. Análisis de rendimiento hasta el mes de Julio de 2018	36
Tabla 8. Proyección del costo de la urbanización San Jerónimo con base en el reporte al mes de julio.....	42
Tabla 9. Gastos totales acumulados evidenciados en la urbanización San jerónimo durante su desarrollo	45
Tabla 10. Resumen periódico indicadores de rendimiento Urbanización San Jerónimo.....	45
Tabla 11. Resumen periódico indicadores de rendimiento urbanización San Jerónimo.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Técnica del valor ganado.	21
Figura 2. Personal Administrativo y operativo E&C Construcciones Obra adecuación Hospital internacional de Colombia (HIC)	22
Figura 3. Render Urbanización San Jerónimo Puente Nacional Santander.....	27
Figura 4. Curvas S del Valor Planificado, Valor ganado y Valor real para el Corte al 30 de Julio de 2018.....	34
Figura 5. Monitoreo movimiento de tierras en la urbanización San Jerónimo	37
Figura 6. Excavación en material común y limpieza de derrumbes para red de alcantarillado.	38
Figura 7. Diseño inicial caja de baja tensión Urbanización San Gerónimo.	39
Figura 8. Diseño requerido por ESSA para caja de baja tensión en red eléctrica subterránea de la Urbanización San Jerónimo.	40
Figura 9. Proyección grafica del tiempo estimado para la finalización de la urbanización San Jerónimo con base en el reporte al 30 del mes de julio de 2018.	43
Figura 10. Urbanización San Jerónimo al 30 de julio de 2018.....	43
Figura 11. Desempeño global evidenciado en el desarrollo de la Urbanización San Jerónimo.....	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Modelo de informe periódico del valor ganado implementado en el control de obra Urbanización San Jerónimo	54
Anexo B. Modelo de informe periódico del valor ganado implementado en el control de obra Urbanización San Jerónimo	55

RESUMEN

TITULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES S.A.S COMO AUXILIAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO PARA EL CONTROL DE PROYECTOS*

AUTOR: CRISTIAN IVÁN MARIN QUITIAN**

PALABRAS CLAVE: VALOR GANADO, RENTABILIDAD, GUÍA METODOLÓGICA, EXPANSIÓN URBANÍSTICA.

DESCRIPCIÓN: En los últimos años la industria de la construcción ha influido notablemente en el crecimiento de la economía colombiana, esto ha permitido la creación de empresas, expansión de centros urbanos, generación de empleo, inversión y desarrollo económico en las regiones. La empresa E&C construcciones surge brindando soluciones integrales para la industria. En plan de una mejora continua la empresa E&C busca elevar su rentabilidad y optimizar cada proyecto, analizando las desviaciones entre lo presupuestado y lo ejecutado. El presente trabajo describe la práctica empresarial como auxiliar en la implementación de la técnica del valor ganado (EVM) como herramienta integral, con la que se puede identificar alarmas tempranas que eviten que un proyecto se salga de su línea base y su culminación cumpla con los estándares de calidad, costo y tiempos programados. Este trabajo brinda la aplicación del valor ganado en E&C mediante una guía metodológica ajustada a esta empresa y su aplicación en la urbanización San Jerónimo, proyecto de expansión urbanística en el municipio de Puente nacional Santander, presentando formatos de fácil interpretación en las diferentes etapas del proyecto, obteniendo como resultado un informe que brinda a los directivos y gestores del proyecto mecanismos para evidenciar y tomar decisiones en pro del alcance de objetivos en el proyecto.

* Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director:

ABSTRACT

TITLE: BUSINESS PRACTICE IN THE COMPANY E&C CONSTRUCCIONES S.A.S HOW TO ASSIST IN THE IMPLEMENTATION OF THE VALUE GAIN TECHNIQUE FOR THE CONTROL OF PROJECTS *

AUTHOR: CRISTIAN IVÁN MARIN QUITIAN**

KEYWORDS: EARNED VALUE, PROFITABILITY, METHODOLOGICAL GUIDE, URBAN EXPANSION

DESCRIPTION: In recent years, the construction industry has had a notable influence on the growth of the Colombian economy. This has allowed the creation of companies, the expansion of urban centers, the generation of employment, investment and economic development in the regions. The company E&C constructions arises offering integral solutions for the industry. In a continuous improvement plan, E&C seeks to increase its profitability and optimize each project, analyzing the deviations between what was budgeted and what was executed. The present work describes the business practice as auxiliary in the implementation of the earned value management (EVM) as an integral tool, with which it is possible to identify early alarms that prevent a project from going out of its base line and its completion meets the standards of quality, cost and scheduled times. This work provides the application of the value gained in E&C through a methodological guide adjusted to this company and its application in the urbanization San Jerónimo, urban expansion project in the municipality of Puente Nacional Santander, presenting formats of easy interpretation in the different stages of the project, obtaining as a result a report that provides the directors and managers of the project mechanisms to evidence and make decisions for the achievement of objectives in the project.

* Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director:

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria constructora enfrenta retos cada vez mayores, la alta competitividad en el mercado le exige a las empresas o contratistas, desarrollar proyectos de ingeniería en menor tiempo, optimizando recursos sin dejar de lado la calidad del proyecto.

En busca de una adecuada dirección de un proyecto, es indispensable el proceso de control del mismo, el cual permitirá evidenciar los diferentes inconvenientes que puedan presentarse como: el incumplimiento del cronograma y los sobrecostos generados durante su ejecución¹.

Una de las habilidades y exigencias de mayor dificultad en la gestión de proyectos, es prever un presupuesto contractual y desarrollarlo a pie de la letra, puesto existen diversos factores ocasionantes de retrasos y sobrecostos como los son: la mala planificación, el comienzo del proyecto sin diseños finales, efectos climáticos, malas prácticas constructivas, bajos estándares de control entre otros².

El presente trabajo describe la práctica empresarial como auxiliar en la implementación de la metodología del valor ganado como herramienta integral, con la que se puede identificar alarmas tempranas que eviten que un proyecto se salga de su línea base y su culminación cumpla con los estándares de calidad, costo y tiempos programados su adecuada implementación, permite identificar atrasos o sobrecostos en base al programa inicial, esto permitirán tomar decisiones en busca de corregir variaciones en el cronograma y presupuesto, que conlleven al éxito del

¹ CARVAJAL, Fabián. Implementación de la metodología del valor ganado en un proyecto de Infraestructura vial. (2014).

² Clasificados del País (06 de abril de 2019) 5 factores que retrasan una obra, Disponible en <https://fincaraiz.elpais.com.co/noticias/5-factores-que-retrasan-una-obra-id687>

proyecto, además su riguroso control permite evidenciar la falencias clasificadas en ciertas actividades o hitos del proyecto que puedan presentar mayor dificultad³.

En el presente artículo se muestra la aplicación de la gestión del valor ganado (EVM) en el control de obra de un proyecto de expansión urbanística, desarrollado por la empresa E&C Construcciones, proponiendo y aplicando una guía metodológica que permita realizar el control de este y los diferentes proyectos ejecutados por la empresa, identificando los factores de sobre costo y retrasos presentados en la obra con base a los procesos ejecutados por la empresa E&C Construcciones. [1]

³ RIVERA, Carlos. Guía de aplicación del método del valor ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras. (2012).

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Apoyar como auxiliar de ingeniería la implementación de la técnica del valor ganado al control de proyectos de construcción desarrollados por la empresa E&C CONSTRUCCIONES S.A.S.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una guía metodológica para la implementación de la técnica del valor ganado al control de proyectos de construcción desarrollados por la empresa E&C CONSTRUCCIONES.S.A.S.
- Evaluar el estado de un proyecto desarrollado por la empresa E&C CONSTRUCCIONES S.A.S mediante la aplicación de la técnica del valor ganado.
- Elaborar un informe de los resultados obtenidos de la implementación de la técnica del valor ganado, a partir de las necesidades de información de la empresa E&C CONSTRUCCIONES. S.A.S.

2. MARCO TEORICO

2.1 GESTIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO

La gestión de costos busca direccionar el proyecto desde sus comienzos, esta involucra el poder estimar el presupuesto y cronograma de obra acertadamente, posteriormente se encarga de controlar los costos y calendario para que el proyecto sea completado en el tiempo y presupuesto aprobado⁴.

2.2 PRESUPUESTO DE OBRA

Consiste en estimar cuánto dinero o recursos se requieren para ejecutar cada una de las actividades o paquetes de trabajos, que sumados nos representen el valor total de la obra, con esto es posible establecer una línea base del proyecto a ejecutarse.

2.3 PROGRAMACIÓN DE OBRA

Es la herramienta que permite visualizar las fechas de inicio y finalización estimadas para cada actividad contemplada en el presupuesto de obra, esta permite organizar la secuencia de trabajos y estimar una duración del proyecto. Además, facilita observar el costo generado en cada fecha y el acumulado en cada periodo, pudiendo contemplar así la financiación y el flujo de caja requerido para el desarrollo del proyecto⁵.

⁴ VELA, G., Seguimiento y Control. PMI capitulo Colombia. (2012).

⁵ RIVERA, Carlos. Guía de aplicación del método del valor ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras. (2012).

2.4 CONTROL DE OBRA

Este proceso consiste en monitorear el estado del proyecto tanto en presupuesto como en el cronograma, este proceso se realiza a la par con la ejecución de la obra, siendo así una herramienta oportuna para la toma de decisiones que garanticen, el tiempo programado, la rentabilidad esperada y cumplimiento en cada proyecto⁶.

2.5 FECHA DE ESTADO

En esta se mide el porcentaje realmente ejecutado de cada actividad o ítem contemplado en el presupuesto, así como los recursos o gastos empleados en las actividades desarrolladas, estos sumados permiten determinar el avance actual de la obra para un periodo determinado. Este porcentaje de ejecución conlleva al valor actual que se genera por el cobro de la obra ejecutada y el saldo por ejecutar según lo presupuestado inicialmente.

2.6 TÉCNICA DEL VALOR GANADO (EVM)

La gestión del valor ganado (EVM) es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y avance del proyecto. Esta técnica mide el rendimiento o avance del proyecto, comparando lo planeado vs lo ejecutado en términos de tiempo y costo, basado en esta información permite pronosticar el rendimiento futuro del proyecto⁷.

⁶ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)-Quinta edición- GlobalSTANDAED -año 2013-Pag 217-226.

⁷ Ibid.

2.7 VALOR PLANIFICADO (PV)

Es el valor del trabajo planeado para una actividad que debe ejecutarse, o de un componente de la estructura del trabajo, el cual se obtiene del presupuesto autorizado por la empresa o el contratista para el desarrollo del proyecto⁸.

2.8 VALOR GANADO (EV)

Es el costo presupuestado del trabajo que realmente se ha ejecutado a una fecha de corte para una actividad o el total del proyecto, este sería el valor que la empresa puede cobrar por sus trabajos completados hasta una fecha de estado⁹.

2.9 COSTO REAL (AC)

Es el costo del trabajo realizado que indica la cantidad de recursos gastados por la empresa para lograr el trabajo en un tiempo específico, es el costo en el que se ha incurrido para realizar el trabajo medido por el EV. Este se mide según lo presupuestado, por ejemplo, solo costos directos o todos los costos incluidos (directos e indirectos)¹⁰.

2.10 GUÍA METODOLÓGICA

Esta herramienta busca estandarizar el control de obra en la empresa E&C construcciones mediante un conjunto de pasos, indicaciones procesos, conceptos e instrucciones que permitan desarrollar de manera efectiva el control de obra, buscando que este control sea lo más óptimo. En este caso se busca un proceso

⁸ REY, Giovanni; SALINAS, Jairo. Aplicación de la Técnica del valor Ganado a un proyecto de construcción de Un edificio de Vivienda Estudio de caso.

⁹ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)-Quinta edición- GlobalSTANDAED -año 2013-Pag 217-226.

¹⁰ Ibid.

que garantice la toma efectiva de información, el control comparando lo planeado vs lo ejecutado en términos de tiempo y costo, para finalmente basado en esta información pronosticar el rendimiento futuro del proyecto¹¹.

2.11 LEY DE PARETO

El Principio de Pareto, también conocido como la regla del 80/20, permite acelerar la elaboración y control de presupuesto entre otros procesos. Debido a la extensión del presupuesto en algunas obras se hace innecesario evaluar el 100% de las actividades, la ley de Pareto propone concentrar los esfuerzos en las actividades más relevantes para el proyecto. Puede entenderse que aquellas actividades que representan mínimo el 80 % del presupuesto en proyectos que manejen un presupuesto elevado. Puede darse que actividades que representan 80 % del presupuesto se concentren en el 20 % del ítem del presupuesto dependiendo del tipo de obra¹².

Tabla 1. Terminología y tabla resumen cálculos Técnica del Valor Ganado.

Nombre	Abreviatura	Formula
Valor Planificado	PV: <i>Planned Value</i> .	*****
Presupuesto a completar	BAC: <i>Budget at completion</i>	*****
Valor Ganado	EV: <i>Earned Value</i>	*****
Costo Real	AC: <i>Actual Cost</i>	*****
Variación del programa	SV: <i>Schedule Variation</i>	$SV=EV-PV$
Variación del Costo	CV: <i>Cost Variation</i>	$CV=EV-AC$
Variación a la conclusión	VAC: <i>Variation at conclusion</i>	$VAC=BAC-EAC$

¹¹ CASTELLS, Haroldo. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Universidad Nacional Agraria. Diseño de Guía Metodológica para la elaboración de un plan de gestión Ambiental a nivel institucional. (2005).

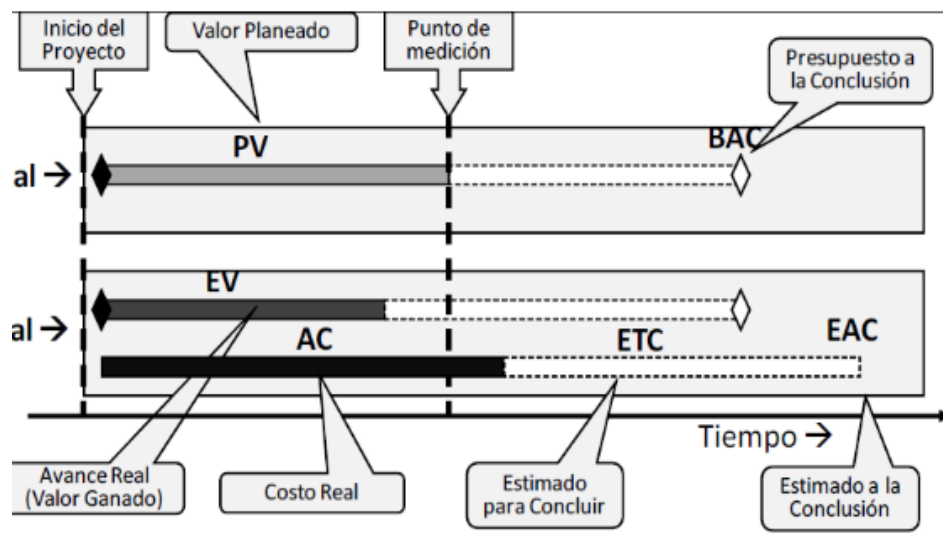
¹² REY, Giovanni; SALINAS, Jairo. Aplicación de la Técnica del valor Ganado a un proyecto de construcción de Un edificio de Vivienda Estudio de caso.

Índice de Rendimiento del Programa	SPI: <i>Schedule Performance Index</i>	$SPI = EV/PV$
Índice del Rendimiento del Costo	CPI: <i>Cost Performance Index</i>	$CPI = EV/AC$
Índice de Rendimiento de costos a la conclusión	TCPI: <i>To complete Performance Index</i>	$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$
Estimado hasta la conclusión	ETC: <i>estimate to complete</i>	$ETC = (BAC - EV) / CPI$
Estimado a la conclusión	EAC: <i>Estimate at completion</i>	$EAC = AC + ETC$
>1 Adelanto Y o AHORRO; <1 ATRASO o Sobrecosto		

Fuente: REY, Giovanni; SALINAS, Jairo. Aplicación de la Técnica del valor Ganado a un proyecto de construcción de Un edificio de Vivienda Estudio de caso.

La anterior es una tabla resumen que reúne los principales términos utilizados en la aplicación de la técnica del valor ganado con sus respectivas denominaciones y fórmulas que permiten saber de dónde proviene cada valor.

Figura 1. Técnica del valor ganado.



Fuente: VELA, G. Seguimiento y Control. PMI capitulo Colombia. 2012.

En la figura 1 podemos evidenciar una representación de la técnica del valor ganado y sus principales valores de partida (BAC, PV, EV, AC) para su implementación, además la representación gráfica a una determinada fecha de estado y sus proyecciones (ETC, EAC) de tiempo, costo según el comportamiento del proyecto.

2.12 ¿QUÉ ES E&C CONSTRUCCIONES?

La empresa surge el 29 de mayo de 2013 debido al auge de la construcción alrededor de este año, esta comienza como una oportunidad de emprendimiento que brinda soluciones integrales en la industria constructora a nivel nacional y especial en la ciudad de Bucaramanga.

Figura 2. Personal Administrativo y operativo E&C Construcciones Obra adecuación Hospital internacional de Colombia (HIC)



Fuente: Registro fotográfico E&C CONSTRUCCIONES, 2017.

E&C Construcciones es una empresa dedicada al diseño, asesoría y construcción de proyectos de infraestructura civil en general; la empresa E&C se apoya en un grupo de talento humano con sentido de pertenencia, responsabilidad y honestidad, entregando al cliente un producto construido eficientemente, gracias a la búsqueda de estándares de calidad, y el cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas técnicas que rigen cada proceso constructivo; generando una mejora continua en nuestros productos y servicios.

3. PROPUESTA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES

Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de determinar el proceso óptimo para la implementación de la técnica del valor ganado, ajustado a las necesidades de la empresa E&C Construcciones. Partiendo de las indicaciones que presenta la guía de “FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS” (PMBOK) quinta edición, se propuso una guía metodológica aplicable a la estructura organizacional de la empresa. Esta guía fue adoptada da por permitir evidenciar falencias y malas prácticas desarrolladas por E&C en la ejecución de sus proyectos, tanto en sus procesos administrativos como operativos afines. A continuación, se presenta el instructivo propuesto e implementado por la empresa E&C para el control de obra mediante la técnica EVM.

- Se debe establecer el costo, la duración de la obra y su prioridad en la empresa (En conjunto con el departamento de diseño y el personal de presupuestos.)
- Revisar y verificar el presupuesto final, el cronograma y su aprobación. (Aprobado por gerencia y departamento de presupuestos)
- En base al cronograma y el valor del contrato, revisar si es viable la aplicación del método del valor Ganado al proyecto.

Se debe cumplir:

*Duración del proyecto según el cronograma final de obra > 4 meses.

*Presupuesto sin incluir A.I.U y sin interventoría superior al 10 % de la facturación anual, (aproximadamente a \$4.000.000.000 COP para el año 2018) implicando que el presupuesto de obra debe superar los \$400.000.000 COP.

Nota: Estos parámetros se deben actualizar anualmente y acordar junto con los directivos de E&C Construcciones.

- Establecer la línea base del proyecto que permita determinar el Valor Planificado (PV).
- Descomponer el presupuesto en capítulos, ejecutables, hitos o tareas q se puedan medir y controlar.
- Para simplificar y concentrar los esfuerzos o la aplicación del EVM en las actividades más relevantes del proyecto, aquellas que sumadas representen el 80 % del presupuesto se debe cumplir:

*Presupuesto sin incluir A.I.U y sin interventoría superior al 20 % de la facturación anual, (aproximadamente a \$4.000.000.000 COP para el año 2018) implicando que el presupuesto de obra debe superar los \$800.000.000 COP.

- Proponer fechas de estado para la realización de los cortes y control del proyecto.
- Establecer las técnicas adecuadas para la medición del avance real del proyecto, estas deben permitir determinar con precisión el valor ganado (EV).
- Coordinar en conjunto el departamento de contaduría de la empresa, el residente y el director de obra en la actualización y desglose del centro de costos del proyecto, mediante los capítulos o ejecutables estipulados inicialmente en el paso (5), con el fin de calcular el costo real (AC) de cada actividad.

Nota: Los pasos 10, 11 y 12 se repiten en los periodos estipulados en el paso 7 o según se requiera por los directivos.

- Determinar para cada hito establecido en el paso 5 los siguientes parámetros: 1) Valor Planificado (PV), 2) Costo Real (AC), y 3) Valor ganado (EV).

Nota: Al Realizar medición en Obra de lo ejecutado y asignar el porcentaje de ejecución, se debe tener especial cuidado, de esto dependerá el éxito del Análisis.

- Determinar las variables, indicadores e índices estipulados en la tabla 1 terminología y tabla resumen cálculos técnica del valor ganado.
- Realizar un informe de los resultados analizando, evidenciando y detectando posibles problemas y novedades que justifiquen los resultados presentados en el rendimiento del proyecto. El informe debe contar como mínimo con: 1) Presupuesto y cronograma de obra, 2) Desarrollo paso a paso como se estipula en la guía con sus respectivas decisiones y aprobaciones, en cada proceso, este debe permitir establecer la responsabilidad de cada dato suministrado, 3) Grafica de PV (Presupuesto vs Cronograma) curva S, 4) Análisis grafico de PV, EV y AC, 5) Tabla de rendimiento del proyecto, 6) Tabla de pronóstico-proyección estimado, 7) Cuadro resumen del análisis de la aplicación del EVM, 8) Conclusiones y Observaciones, y 9) Anexos (si los hay)
- Proponer e implementar medidas de acción a seguir.

Nota: Estas medidas deben tomarse en comité de obra y deben ser informadas y aplicadas inmediatamente.

4. EVALUACIÓN PRÁCTICA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DEL VALOR GANADO

En busca de un proyecto que cumpliese con los parámetros establecidos para la aplicación de la guía metodológica anterior mente descrita, y cuyo tiempo de avance de obra permitiera llevar a cabo un seguimiento y control de obra, así como ajustar y tomar correcciones en dado caso de encontrarse variaciones en el presupuesto y cronograma, se escogió la Urbanización San Jerónimo, mostrada en la Figura 3.

Figura 3. Render Urbanización San Jerónimo Puente Nacional Santander.



Fuente: Registro fotográfico de obra E&C CONSTRUCCIONES,2018

La Urbanización San Jerónimo está ubicada en el municipio de Puente Nacional Santander, en la cual se proyectó intervenir un área de 5289 m² para la adecuación de 40 lotes con uso de vivienda unifamiliar, construyendo la red de acueducto, red de alcantarillado, gas domiciliario, red eléctrica, adecuación de vías, zonas verdes y obras contempladas en el proyecto urbanístico. Su fecha de inicio fue planeada para el 10 enero de 2018 y su fecha de terminación para el 21 septiembre de 2018,

es decir una duración prevista de 8 meses y 11 días, y un costo directo de \$ 638,157,857.95. de pesos colombianos (COP).

Como se especifica en la guía para su aplicación es necesario contar con cierta información de obra para la aplicación de la técnica. A continuación, se muestran un breve resumen de los documentos requeridos para poder controlar los valores iniciales para la implementación del valor ganado.

Tabla 2. Parámetros iniciales para la aplicación de la Técnica del Valor Ganado.

CURVAS A GRAFICAR	DOCUMENTOS E INFORMACION REQUERIDA
Valor Planificado (EP)	Presupuesto, APU, programación de obra.
Valor Ganado (EV)	Cortes de Obra, Tablas de avance de obra, Actas de cobro, registro fotográfico; programación de obra
Costo Real (AC)	Ejecutado mes a mes, dato de software de contabilidad, control de Subcontratos, control de nóminas y costos de ejecución.

4.1 PRESUPUESTO DE OBRA

Este fue realizado por el departamento de gestión de proyectos, basado en los diseños finales ajustados por la empresa E&C construcciones y los estudios de sector de Puente Nacional, se determinaron cantidades finales, cotizaciones, precios unitarios, y rendimientos, todo esto en conjunto permitió estimar el presupuesto y cronograma para el desarrollo de la urbanización San Jerónimo. A

continuación, se describe el presupuesto de la urbanización, desglosado en los hitos o actividades relevantes a controlar en obra. Cabe resaltar que no es usual controlar el hito de diseños y licencias mediante la técnica del valor ganado, puesto las licencias suelen llevar tiempos difíciles de estimar. Sin embargo, por ser un proyecto propio de la empresa E&C construcciones se ajustó el control a los tiempos estimados otorgados por la administración municipal de Puente Nacional, en el ámbito de licencias y permisos. Además, en la siguiente tabla se evidencian los costos indirectos, pero se aclara que en este trabajo solo se controló el costo directo del proyecto.

Tabla 3. Presupuesto de obra urbanización San Jerónimo

ITEM	ACTIVIDAD	VR TOTAL
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISOS/Publicidad	\$ 116,466,380.00
2	PRELIMINARES DE OBRA	\$ 20,648,700.00
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	\$ 69,891,148.50
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA	\$ 78,732,294.65
5	RED ALCANTARILLADO	\$ 200,357,933.92
6	RED ACUEDUCTO	\$ 18,909,624.38
7	RED GAS DOMICILIARIO	\$ 11,029,236.00
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION y OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$ 120,026,678.50
10	VARIOS	\$ 2,095,862.00

Costos	Subtotal Actividades	\$ 638,157,857.95
16%	Administración	\$ 102,105,257.27
2%	Imprevistos	\$ 12,763,157.16
5%	Utilidad	\$ 31,907,892.90
Costos	Total, contrato	\$ 784,934,165.28

4.2 VALOR PLANIFICADO (VP)

El proyecto se planificó mediante un cronograma elaborado en Project por el departamento de gestión, se basó en una estructura desagregada del trabajo (EDT). y los rendimientos aproximados por experiencia en otro tipo de proyectos. Con base en estos se determinó la línea base del proyecto y su curva “S” o de gastos acumulados para el costo directo del proyecto. Esta línea base se distribuyó en meses debido a la extensión del proyecto, modalidad de pagos y cortes de obra manejados por la empresa E&C construcciones. En la tabla 4 podemos evidenciar los diferentes porcentajes contemplados para cada periodo.

Costo Real (AC). La determinación del costo real es uno de los datos mas complejos de medir, para esto toda empresa debería implemetar un sistema de control de costos durante el tiempo de ejecución del proyecto en lo posible un software que maneje esta informacion de gastos, clasificados por urbro y al dia con el desaroolo de la obra.

Al inicar con la implemetacion del control de obra la empresa E&C no contaba con un sistema de control de costos clasificados por rubro, tan solo se manejaba la información de un gasto total por centro de costos u obra sin tener un información clara o un desglose que permitiese determiar los gastos o recursos empleados para

realizar una actividad o hito específico. La empresa E&C construcciones acostumbraba a manejar solo un desglose por: 1) Gastos de Nomina, 2) Gasto contables y 3) Gastos no contables. Estos gastos gastos por totalidad de proyecto, pero sin tener claridad de gastos por actividad o entregables. En la tabla 5 se evidencia la informacion total de gastos por periodo, formato manejado por la empresa sin ningun tipo de clasificacion. Este gasto representa el total del costo real evidenciado en el desarrollo la urbanizacion San Jeronimo.

Fue necesario que tanto residente, almacenista, director de obra, departamento de compras, contabilidad , y todo aquel que influyera en la gestión y dirección del proyecto trabajaran sobre una misma estructura que permitiera realizar ordenes, compras, suministros, salidas y cargues de gastos por actividad, esto solo realizado para este proyecto puesto que generó un gran desgaste de talento humano al no contar con la experiencia ni un software que permitiera facilitar esta labor. Se establecieron los gastos para cada actividad como se muestra en la tabla 6.

4.2.1 Valor ganado (EV). Analizando las diferentes fuentes consultadas se encontraron varias metodologías para determinar el valor ganado, ejecutado en un periodo determinado; entre estas encontramos:

4.2.1.1 *Formula fija:* consiste en aplicar porcentajes de ejecución a la actividad y darla por terminada cuando alcance dicho porcentaje. Por ejemplo 50 /50. Con esta fórmula el 50 % de la obra es contada en el periodo que se inician labores, independientemente de la cantidad que se lleve realizada, el 50 % restante se valora cuando la actividad concluya totalmente. Se recomienda en tareas de corta duración.

4.2.1.2 *Ponderación por hitos:* Se propone dividir las actividades en segmentos, finalizándolos con un hito observable y asignándoles un valor. Se recomienda en actividades de gran duración en las que se puedan medir resultados intermedios tangibles.

4.2.1.3 *División de esfuerzos:* si una actividad con relación directa y de apoyo con otra actividad que posee su propio valor, el valor de la tarea de apoyo se puede determinar con base en el valor de la actividad ejecutada que sirve como referencia, utilizada en actividades de calidad o inspección.

4.2.1.4 *Nivel de esfuerzos:* utilizada para tareas que no producen resultados tangibles y que se pueden medir objetivamente. Estas actividades consumen recursos y un valor planeado previo, se divide en tareas que requieren un mayor o menor nivel de esfuerzo y este se toma como valor ganado para cada periodo de medición.

4.2.1.5 *Porcentaje completado:* esta es la más utilizada y consiste en medir el porcentaje realmente ejecutado de cada ítem o entregable establecido para los periodos determinados, en cuyo caso las cantidades del valor ganado deben ser las mismas de valor real y se cuantificará con el valor inicialmente presupuestado”¹³.

En general se optó por medir el porcentaje de avance en la Urbanización San Jerónimo mediante la técnica porcentaje completado, puesto que la EDT que se planteó inicialmente contaba con cantidades tangibles en la gran mayoría del presupuesto. Con base en las tablas de avance del proyecto, los registros fotográficos e información suministrada por el residente de obra, pudimos determinar las cantidades debidamente ejecutadas en cada mes; posteriormente el valor ganado que estas representan. Con base en el valor ganado completado para

¹³ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Practice Standard for earned Value Management- Second Edition. Newtown Square, PA: PMI. 2011.

cada actividad según el periodo de ejecución, se representó el porcentaje correspondiente para cada mes, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes de Valor Planificado (VP) en la Urbanización San Jerónimo

Valor Planificado (VP)										
ITEM	ACTIVIDAD	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISOS /Publicidad	20%	13%	15%	29%	23%				
2	PRELIMINARES DE OBRA			87%	13%					
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS			12%	88%					
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA							75%	25%	
5	RED ALCANTARILLADO					85%	15%			
6	RED ACUEDUCTO						100%			
7	RED GAS DOMICILIARIO						48%	52%		
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION y OBRAS COMPLEMENTARIAS							9%	62%	29%
10	VARIOS									100%

Tabla 5. Costo real (AC) del proyecto – Información suministrada por E&C

Analisi de gastos suministrado por EYC Construcciones					
Costo acumulado de actividades					
Mes	Contables	Nomina	No contables	Total Gastos	cosot acumulado
ene-18	\$ 18,500,000	\$ 4,914,832	\$ 1,991,900	\$ 25,406,732	\$ 25,406,732
feb-18	\$ 5,800,000	\$ 5,552,410	\$ 3,958,700	\$ 15,311,110	\$ 40,717,842
mar-18	\$ 28,024,000	\$ 12,550,410	\$ 3,133,000	\$ 43,707,410	\$ 84,425,252
abr-18	\$ 64,000,000	\$ 21,550,452	\$ 11,958,900	\$ 97,509,352	\$ 181,934,604
may-18	\$ 152,500,200	\$ 26,600,000	\$ 28,499,000	\$ 207,599,200	\$ 389,533,804
jun-18	\$ 21,500,000	\$ 23,450,000	\$ 5,851,500	\$ 50,801,500	\$ 440,335,304
jul-18	\$ 21,200,000	\$ 22,455,800	\$ 7,000,200	\$ 50,656,000	\$ 490,991,304
ago-18	\$ 19,200,000	\$ 20,850,054	\$ 6,975,300	\$ 47,025,354	\$ 538,016,658
sep-18	\$ 58,521,000	\$ 16,250,000	\$ 13,200,000	\$ 87,971,000	\$ 625,987,658
oct-18	\$ 24,506,000	\$ 5,200,000	\$ 4,980,000	\$ 34,686,000	\$ 660,673,658
Total	\$ 413,751,200	\$ 159,373,958	\$ 87,548,500	\$ 660,673,658	

4.2.2 Análisis de la Variación del Programa (SV) y variación del Costo (AC)
Para el corte al 30 de julio de 2018. Como se evidencia anteriormente en la recolección de datos, se realizaron cortes mensuales así también como su respectivo análisis según los parámetros del EVM; sin embargo, por la extensión que significaría representar cada corte mensual con sus respectivos índices de desempeño, variaciones, proyecciones, análisis gráficos analíticos entre otros, se optó por desarrollar detenidamente el corte en el mes de julio, puesto que fue el que permitió evidenciar de una mejor manera la aplicación de la técnica del valor ganado, así como las tendencias y resultados evidenciados en el desarrollo del proyecto urbanístico en cuestión.

La Figura 4 muestra el corte al 30 de julio de 2018 en el proyecto urbanístico San Jerónimo, donde se evidencia que para este mes y durante el desarrollo del proyecto el valor ganado y el costo real se encontraron por debajo del valor planeado, lo que representa tanto un retraso en el cronograma de obra como un sobre costo en el proyecto; para mostrar claramente la información se muestra a continuación la tabla 8 de gastos acumulados a la fecha.

Figura 4. Curvas S del Valor Planificado, Valor ganado y Valor real para el Corte al 30 de Julio de 2018.

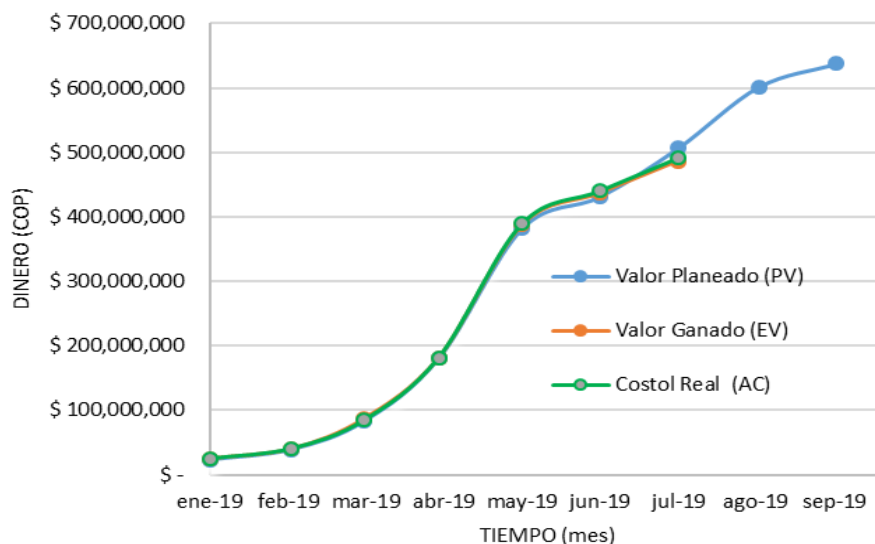


Tabla 6. Análisis de gasto acumulados del proyecto hasta el 30 de julio de 2018

Análisis de Gastos Acumulado			
	Valor Planeado	Valor Ganado	Costo Real
	PV	EV	AC
ene-19	\$ 23,274,444	\$ 25,622,604	\$ 25,406,732
feb-19	\$ 39,065,733	\$ 40,763,233	\$ 40,717,842
mar-19	\$ 82,757,020	\$ 86,915,458	\$ 84,425,252
abr-19	\$ 182,663,085	\$ 181,780,472	\$ 181,934,604
may-19	\$ 384,190,830	\$ 387,284,444	\$ 389,533,804
jun-19	\$ 438,216,443	\$ 436,800,436	\$ 440,335,304
jul-19	\$ 513,432,573	\$ 484,081,570	\$ 490,991,304

En la tabla número 6 de gastos acumulados podemos evidenciar que en los periodos posteriores al mes de abril el costo real fue mayor que el valor ganado, lo que representa un claro sobrecosto en las actividades ejecutadas en estos periodos. Para determinar debidamente los hitos en los cuales se evidencian atrasos y sobrecosto en la tabla 7 representa el cálculo de los índices de desempeño del proyecto y las variaciones al 30 de julio de 2018.

4.2.3 Análisis de variación e indicadores del cronograma. Como se observa en la tabla número 8 se calculó la variación del programa $SV=EV-PV$: $SV = \$484.081.570 - \$513.432.573 = -\$29.351.003$ COP, lo que representa un atraso puesto que $EV < VP$, de igual manera se pudo evidenciar la concordancia de este atraso con el valor del índice de rendimiento del programa $SPI=EV/PV$ en el cual se nos presenta un valor para todo el proyecto de $SPI = 0.94 < 1$, Se pudo evidenciar que este atraso corresponde principalmente a retrasos en actividades como la red eléctrica subterránea cuyo $SPI = 0.68$.

Adicionalmente observando la ruta crítica del proyecto este atraso en la red eléctrica genera retrasos en actividades que dependen de esta, como la adecuación de

andenes, sardineles, vias, zonas de sección y obras complementarias, generando así un atraso en el proyecto.

Tabla 7. Análisis de rendimiento hasta el mes de Julio de 2018

REPORTE DE JECUCION AL 30 DE JULIO DE 2019						
RENDIMIENTO DEL PROYECTO						
			VARIACION		INDICES DE RENDIMIENTO	
ITEM	ACTIVIDAD	(%)Avance	DEL PROGAMA (SV=EV-PV)	DEL COSTO (CV=EV-AC)	Índice de Rendimiento del Programa SPI	Índice del Rendimiento del Costo CPI
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISOS/PUBLICIDAD	100%	\$ 0	-\$ 3,047,462	1.00	0.97
2	PRELIMINARES DE OBRA	100%	\$ 0	-\$ 250,800	1.00	0.99
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	100%	\$ 0	\$ 2,480,797	1.00	1.04
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA	51%	-\$ 18,819,809	-\$ 2,586,950	0.68	0.94
5	RED ALCANTARILLADO	100%	\$ 0	-\$ 2,111,780	1.00	0.99
6	RED ACUEDUCTO	100%	\$ 0	-\$ 391,576	1.00	0.98
7	RED GAS DOMICILIARIO	100%	\$ 0	-\$ 1,001,964	1.00	0.92
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION y OBRAS COMPLEMENTARIAS	0%	-\$ 10,531,195	\$ 0	0.00	----
10	VARIOS	0%	\$ 0	\$ 0	----	----
	TOTAL		-\$ 29,351,003	-\$ 6,909,734	0.94	0.986

4.2.4 Análisis de variación e indicadores del costo. Comparando el valor ganado o avance real con el costo real se calculó la variación del costo $CV=EV-AC$, observando que para el mes julio tenemos $CV= \$484.081.570 - \$490.991.304 = -\$6.909.734$ COP, como $EV < AC$ representa un sobre costo en la ejecución de la obra de aproximadamente 7 millones de pesos (COP). Este sobre costo puede atribuirse a diferentes situaciones o malas prácticas en el desarrollo del proyecto, las cuales se presentan detenidamente más adelante en este documento. Importante evidenciar que para el mes de julio el índice del rendimiento del costo $CPI=EV/AC$ $CPI= 0.986$, observando que en general el sobre costo para el proyecto no es tan notorio, sin embargo esto se debe a el ahorro que se evidencia en actividades como movimientos de tierras cuyo $CPI= 1.04 > 1$, pero cabe analizar este tipo de ahorro esto no puede ser del todo bueno, se debe analizar si el ahorro fue por el

buen rendimiento en obra, cotizaciones a mejor precio, agilidad en el desarrollo, en este caso sería positivo.

Figura 5. Monitoreo movimiento de tierras en la urbanización San Jerónimo



Fuente: Registro fotográfico de obra E&C CONSTRUCCIONES,2018

Por el contrario, si el ahorro en la actividad movimiento de tierras se generó por un mal presupuesto, en el cual se contemplaron valores elevados, o actividades innecesarias, significaría la necesidad de mejorar en este ámbito. Se pudo determinar que para el hito de movimiento de tierras el presupuesto a completar (BAC) era de: $BAC = \$69.891.149 \text{ COP}$, su valor ganado fue $EV = \$71.452659 \text{ COP}$, y su costo real $AC = \$68.971.862 \text{ COP}$, observando que el valor ganado es superior al planificado debido al aumento de m^3 de excavación medidos en obra que a los m^3 contemplados en los diseños inicialmente, sin embargo, el ahorro se evidencia puesto se ejecutó con un valor menor al costo real empleado para desarrollar esta actividad.

Se evidenció adicionalmente sobrecostos en actividades como la red de Gas domiciliario, cuyo $CPI = 0.92 < 1$, cuyo valor no influyo tanto en el CPI del proyecto puesto el BAC presupuesto a la conclusión contemplado es de tan solo el 1.7% de presupuesto total del proyecto. Adicionalmente se observó un sobrecosto en actividades como licencias, diseños, y permisos, en la red eléctrica subterránea y en la red de alcantarillado.

En general el rendimiento del proyecto muestra las situaciones vividas en obra, donde se pudo evidenciar un sobrecosto en la construcción de la red de alcantarillado cuya excavación presento dificultades por la saturación de suelos y empozamiento de agua debido a la ola de invierno vivida, como se evidencia en la figura 6 esto genero derrumbes en excavaciones, demoras y perdida de jornales, horas de maquinaria, entre otras que en conjunto generaron un costo adicional.

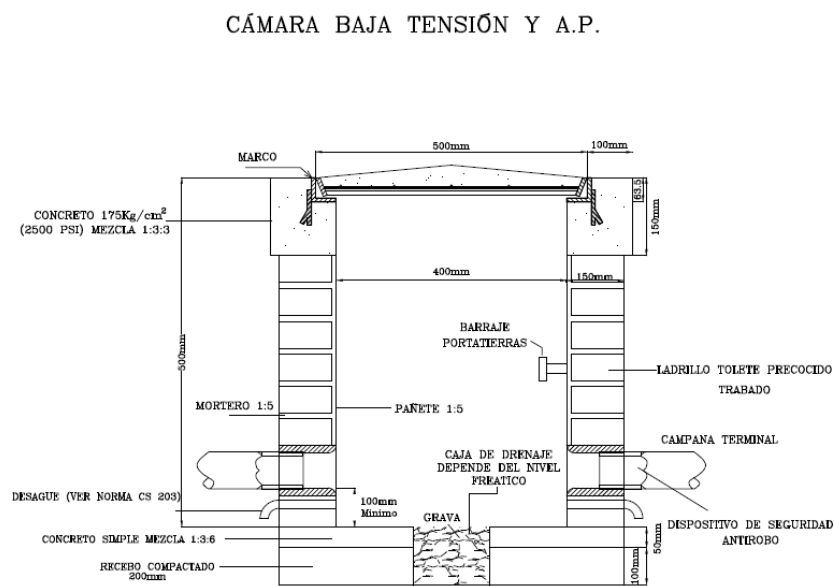
Figura 6. Excavación en material común y limpieza de derrumbes para red de alcantarillado.



Fuente: Registro fotográfico de obra E&C CONSTRUCCIONES, 2018

Adicionalmente se evidenció un error de diseños en la red eléctrica subterránea que generó pérdida de materiales, mano de obra y en especial un retraso en obra, puesto fue necesario demoler 12 cajas de baja tensión que se encontraban en obra gris cuando la empresa certificadora evidenciara la fallas en los diseños; en la figura 7 podemos evidenciar el diseño proporcionada inicialmente por el Ing. eléctrico encargado, en este no se da cumplimiento de dimensiones mínimas de área y de profundidad. Fue necesario su total demolición y reconstrucción es por esto que se evidencia un gran atraso en este hito donde se presentó un SPI=0.68, puesto que esta actividad programa para terminar en agosto se extendió un mes más.

Figura 7. Diseño inicial caja de baja tensión Urbanización San Gerónimo.



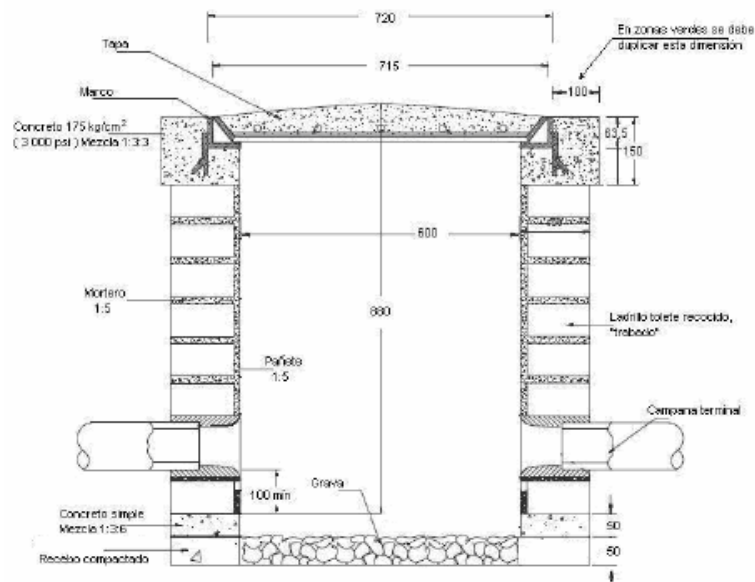
Fuente: Diseño Red Eléctrica Urbanización San Jerónimo, E&C CONSTRUCCIONES,2018

En la figura 8 podemos enviciar el diseño eléctrico requerido por la empresa prestadora del servicio, este diseño fue al que se adoptó para la reconstrucción de las cajas.

Figura 8. Diseño requerido por ESSA para caja de baja tensión en red eléctrica subterránea de la Urbanización San Jerónimo.

	PROCESO GESTIÓN EXPANSIÓN DEL SISTEMA	Fecha de Aprobación:
		Revisión No: 3
	NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	Página 133 de 165
		Código: -

CAJA DE INSPECCIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO Y ACOMETIDAS EN BAJA TENSIÓN



Fuente: Electrificadora de Santander, Norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución, pág. 133

Evidenciada la falla en el control de obra se tomaron medidas en comité de obra tales como:

- Reforzar con mano de obra la Construcción de la red eléctrica, sabiendo que esto generaría sobrecostos.
- Se cambiaron jornadas de trabajo de la habitual entrada de 7 am a 5 pm por horario de 6 am hasta 4 pm con el fin de procurar trabajar la mayor parte del día puesto en las tardes el invierno generaba retrasos.
- Adicional se proyectó trabajar horas extras, especialmente sábados y domingos con personal directamente responsable de estas actividades retrasadas

4.3 PRONÓSTICOS-PROYECCIONES ESTIMADAS

Habiendo obtenido el rendimiento del proyecto se puede estimar el costo a la conclusión (EAC), con base en el índice del costo (CPI) y el valor ganado (EV), esto de continuarse con las tendencias actuales de rendimiento, pudiendo pronosticar así el valor faltante para ejecutar cada una de las actividades pendientes. Además, conociendo el EAC se puede proyectar gráficamente y analíticamente el tiempo estimado para la finalización.

Con base en el balance de obra reportado al mes de julio de 2018 se proyecta que se requiere un presupuesto de $ETC = (BAC - EV) / CPI$: $ETC = \$164.930.031COP$, que sumado con el costo real hasta este mes nos proyecta un costo al finalizar la construcción de la urbanización San Jerónimo es de $EAC = BAC / SPI$: $EAC = \$655.921.335COP$, implicando esto que la obra tendría una variación del costo ($VAC = BAC - EAC$) = $\$644.782.934 - \$655.921.335 = -\$11.138.401 COP$; negativo en este caso un sobre costo. Cabe aclarar que el presupuesto inicial a la conclusión (BAC) era de $\$638.157.857$ y luego se adoptó $\$644.782.934$ debido al aumento de cantidades ejecutadas en actividades como el movimiento de tierras y red de alcantarillado.

En la tabla número 10 podemos evidenciar la proyección de costo estimado hasta la conclusión (ETC), es decir, el dinero faltante requerido para desarrollar la Urbanización San Jerónimo, así mismo el costo estimado a la conclusión (EAC) el dinero total proyectado que valdría la obra a su cierre, además de estas mismas proyecciones para cada hito del presupuesto.

Con base en el EAC calculado, se proyectó gráficamente la tendencia del Costo Real (AC) del proyecto y se interceptó con la recta EAC como se evidencia en la figura 7. Estimando así una fecha de terminación para finales del mes de octubre. Esto implicaría una demora aproximada de un mes para la conclusión de la Obra.

Analíticamente se puede estimar el tiempo a la conclusión

$$EACt = \frac{(BAC/SPI)}{(BAC/Duración \text{ de la PMB})}$$

donde PMB refiere a la línea base de medición del rendimiento. Para la urbanización San Jerónimo cuya línea base se contempló que tendría una duración de 9 meses tenemos que para el mes de julio según los valores analizados anteriormente:

$$EACt = \frac{(SPI)}{(Duración \text{ de la PMB})} = \frac{9 \text{ meses}}{0.943} = 9.6 \text{ meses}$$

Aproximadamente 10 meses es decir que se acabaría para el mes de octubre.

Tabla 8. Proyección del costo de la urbanización San Jerónimo con base en el reporte al mes de julio.

REPORTE DE JECUCION AL 30 DE JULIO DE 2019						
PROYECCIONES DEL PROYECTO						
ITEM	ACTIVIDAD	BAC	PROG RESO FISIC O (%)	PRONOSTICO		TCPI
				VARIACIONES TIPICAS		
				Estimado Hasta la conclusion ETC=(BAC-EV)/CPI	Estimado a la Conclusion EAC=BAC/CPI	
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISOS/Pu blicidad	\$ 116,466,380.00	100%	\$ 0.00	\$ 119,513,842	0.000
2	PRELIMINARES DE OBRA	\$ 20,648,700.00	100%	\$ 0.00	\$ 20,899,500	0.000
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	\$ 71,452,659.00	100%	\$ 0.00	\$ 68,971,862	0.000
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA	\$ 78,732,294.65	51%	\$ 41,064,325.10	\$ 83,804,745	1.072
5	RED ALCANTARILLADO	\$ 205,421,500.00	100%	\$ 0.00	\$ 207,533,280	0.000
6	RED ACUEDUCTO	\$ 18,909,624.38	100%	\$ 0.00	\$ 19,301,200	0.000
7	RED GAS DOMICILIARIO	\$ 11,029,236.00	100%	\$ 0.00	\$ 12,031,200	0.000
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION y OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$ 120,026,678.50	0%	\$ 121,739,927.91	\$ 121,739,928	1.000
10	VIARIOS	\$ 2,095,862.00	0%	\$ 2,125,778.14	\$ 2,125,778	1.000
	TOTAL	\$ 644,782,934.53		\$ 164,930,031.14	\$ 655,921,335	1.045

Figura 9. Proyección grafica del tiempo estimado para la finalización de la urbanización San Jerónimo con base en el reporte al 30 del mes de julio de 2018.

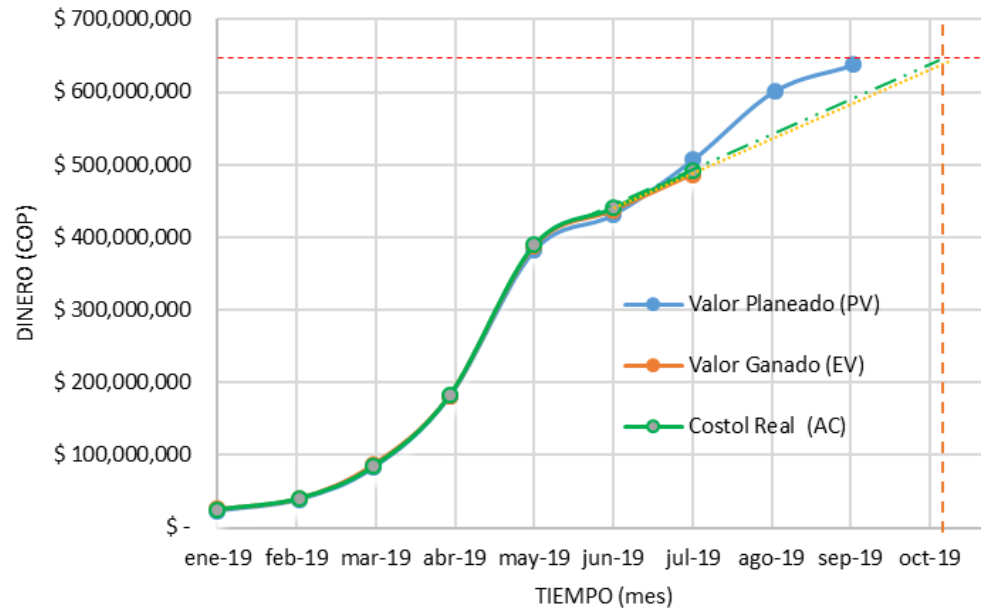


Figura 10. Urbanización San Jerónimo al 30 de julio de 2018



Fuente: Registro fotográfico de obra E&C CONSTRUCCIONES,2018

Ahora bien, la técnica de EVM dispone otro indicador de estos sobre costo y atrasos como lo es el Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) cuya formula es $TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$ como se evidencia en la tabla 10 para este caso en cuestión se encontró un $TCPI = 1.045$ en el mes de julio siendo > 1 ; lo que implica una dificultad para completar el proyecto en el costo y tiempo previsto, este indicador expresa la proyección calculada del desempeño del costo que debe lograrse en el trabajo faltante a fin de cumplir con una meta específica como el BAC, se debe reajustar costos y rendimientos a fin de mitigar el sobre costo y retraso en el proyecto.

4.4 DESEMPEÑO GLOBAL DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para finalizar, se realizó el análisis puntual en cada periodo, permitiendo evidenciar el rendimiento del proyecto, sus atrasos, sobre costos, ahorros o adelantos. Además, se pudo verificar la variación con respecto a las proyecciones estimadas en el corte del mes de julio analizado anteriormente.

En la tabla 9 se puede observar los diferentes valores evidenciados en el desarrollo de la urbanización San Jerónimo.

Terminada la construcción de la urbanización San Jerónimo se observó un sobre costo en el proyecto puesto que su costo real fue de \$660.673.658 y el valor ganado tan solo de \$664.782.935 generando así un sobre costo para la empresa E&C construcciones de \$15.890.723, adicional se pudo evidenciar el retraso de 1 mes puesto fue necesario extender la finalización del proyecto hasta el mes de octubre.

Tabla 9. Gastos totales acumulados evidenciados en la urbanización San jerónimo durante su desarrollo

Análisis de Gastos Acumulado			
	Valor Planeado	Valor Ganado	Costo Real
fecha	PV	EV	AC
ene-18	\$ 23,274,444	\$ 25,622,604	\$ 25,406,732
feb-18	\$ 39,065,733	\$ 40,763,233	\$ 40,717,842
mar-18	\$ 82,757,020	\$ 86,915,458	\$ 84,425,252
abr-18	\$ 182,663,085	\$ 181,780,472	\$ 181,934,604
may-18	\$ 384,190,830	\$ 387,284,444	\$ 389,533,804
jun-18	\$ 438,216,443	\$ 436,800,436	\$ 440,335,304
jul-18	\$ 513,432,573	\$ 484,081,570	\$ 490,991,304
ago-18	\$ 608,377,113	\$ 529,190,366	\$ 538,016,658
sep-18	\$ 644,782,935	\$ 610,279,869	\$ 625,987,658
oct-18		\$ 644,782,935	\$ 660,673,658

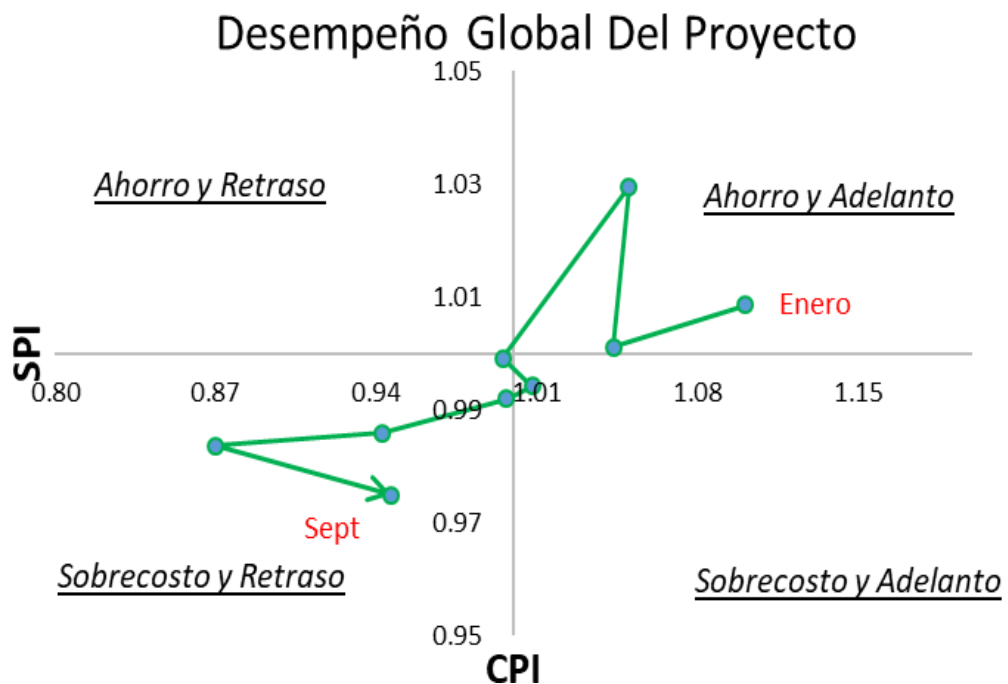
Tabla 10. Resumen periódico indicadores de rendimiento Urbanización San Jerónimo

RENDIMIENTO DEL PROYECTO			
ITEM	ACTIVIDAD	BAC	COASTO REAL (AC)
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISO S/Publicidad	\$ 116,466,380.00	\$ 119,513,842
2	PRELIMINARES DE OBRA	\$ 20,648,700.00	\$ 20,899,500
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	\$ 71,452,659.00	\$ 68,971,862
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA	\$ 78,732,294.65	\$ 88,205,974
5	RED ALCANTARILLADO	\$ 205,421,500.00	\$ 207,533,280
6	RED ACUEDUCTO	\$ 18,909,624.38	\$ 19,301,200
7	RED GAS DOMICILIARIO	\$ 11,029,236.00	\$ 12,031,200
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION y OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$ 120,026,678.50	\$ 121,716,800
10	VARIOS	\$ 2,095,862.00	\$ 2,500,000
	TOTAL	\$ 644,782,934.53	\$ 660,673,658

En la tabla 10 encontramos el presupuesto a la conclusión (BAC) contemplado inicialmente vs el costo real que se presentó en la ejecución de cada hito pertenecientes al proyecto urbanístico

Analizando los hitos propuestos inicialmente se pudo evidenciar que estos retrasos y sobrecostos se generaron principalmente por falencias en los diseños y malos procesos constructivos en la red eléctrica subterránea, adicionalmente se generaron sobrecostos en actividades donde se realizaron excavaciones tipo zanjas para la instalación de redes y tuberías debido a que el invierno generó inconvenientes, retrasando y elevando la mano de obra, además del desperdicio de material.

Figura 11. Desempeño global evidenciado en el desarrollo de la Urbanización San Jerónimo



En la figura 11 se pudo observar las diferentes fases o estados económicos que tuvo la Urbanización San Jerónimo durante su desarrollo. El proyecto arrancó en enero de 2018 en su etapa de diseños y licencias sobre una base de ahorro y adelanto, pese a esto, diferentes factores influyeron para que este empezará a decaer hasta que entre el mes 4 y 5 sobrepasará los valores contemplados en su línea base, generándose sobrecostos y retrasos en el proyecto. Pese a conocimiento de sobrecostos y retrasos en la red eléctrica era poco lo que se podía hacer sin generar sobrecostos puesto que el material y mano obra desperdiciada por malos diseños no habría como recuperarla. En general, se optó por procurar acabar a tiempo sin generar mayores sobrecostos con el pago de jornadas extralaborales ni materiales que adelantase tiempos, como aditivos para el fraguado de concretos, morteros u otros productos de similar fin.

Analizando la tabla 13 de indicadores periódicos del proyecto se puede evidenciar la tendencia del proyecto cuyo CPI inicial $=1.01 > 1$ evidenciando un leve ahorro, pasando por el CPI=1 que simboliza el equilibrio en costo del proyecto, y luego llegar a un fin CPI= 0.97 q reafirma el sobrecosto generado en el proyecto urbanístico. De igual manera la tendencia del SPI, cuyos valores partieron de un adelanto considerables con un SPI=1.10 y finalizó con un SPI=0.95 que simboliza el mes de retraso que tuvo la obra.

El índice de desempeño TCPI que representa el equilibrio entre precio y tiempo, tuvo su mayor variación en el mes de julio puesto fue donde se descubrió la falencia que generó sobrecostos en el proyecto. De igual manera tuvo una tendencia de aumentar cada periodo el valor de la diferencia entre la línea base del proyecto y los valores obtenidos al ejecutar el proyecto.

Tabla 11. Resumen periódico indicadores de rendimiento urbanización San Jerónimo

Resumen General indicadores Urbanizacion San Jeronimo					
	Variaciones		Indices de rendimiento		Indice de desempeño
fecha	CV	SV	CPI	SPI	TCPI
ene-18	\$ 215,872	\$ 2,348,160	1.01	1.10	1.000
feb-18	\$ 45,391	\$ 1,697,500	1.00	1.04	1.000
mar-18	\$ 2,490,206	\$ 4,158,438	1.03	1.05	0.996
abr-18	-\$ 154,132	-\$ 882,613	1.00	1.00	1.000
may-18	-\$ 2,249,360	\$ 3,093,614	0.99	1.01	1.009
jun-18	-\$ 3,534,868	-\$ 1,416,007	0.99	1.00	1.017
jul-18	-\$ 6,909,734	-\$ 29,351,003	0.99	0.94	1.045
ago-18	-\$ 8,826,292	-\$ 79,186,747	0.98	0.87	1.083
sep-18	-\$ 15,707,789	-\$ 34,503,066	0.97	0.95	1.836
oct-18	-\$ 15,890,723		0.98		

En general todos los gráficos y todas las tablas presentados en este artículo forman parte de una serie de herramientas contempladas en el informe que se plantea en la guía metodológica, con el fin de brindar a los directivos y gestores del proyecto mecanismos para evidenciar y tomar decisiones en pro del mejoramiento y alcance de los objetivos del proyecto. En los anexos de este artículo se puede evidenciar el informe periódico de la implementación del valor ganado en este proyecto urbanístico.

5. CONCLUSIONES

El análisis presentado, aplicando la metodología del valor ganado en este proyecto, permitió prever en el mes de julio, dos meses antes del cierre previsto del proyecto, un sobre costo de \$ 11.138.401 y un retraso aproximado de 1 mes, pronóstico que se ajustó parcialmente, pues al cierre de obra se constató un sobre costo de \$15.890.723 y un retraso de 20 días. Evidenciando así la importancia de tener elementos de medición eficaces, que permitan poder identificar el estado real del proyecto y sus proyecciones, de seguir con la misma tendencia.

La implementación de un control de obra permitió observar las diferentes etapas de un proyecto, generando herramientas para la toma de decisiones respecto al rumbo del proyecto, evidenciando posibles causas que generan sobre costos y retrasos en los diferentes procesos implementados para la planeación, ejecución y control de obras por parte de la empresa E&C construcciones.

Se pudo demostrar la gran carga laboral que representa implementar esta técnica de forma manual, haciendo uso tan solo de hojas de cálculo en Excel y programando cada formula individualmente, se encuentra conveniente la implementación de un software que permita agilizar y llevar el control detallado de los diferentes valores que intervienen en esta metodología (PV, EV; AC).

Observada la utilidad de esta herramienta como lo es EVM y con el fin de poder extender este control de obra a diferentes proyectos ejecutados por la empresa E&C, directivas tomaron la decisión de implementar el software TI&CON para la gestión de obra, software que permitirá tener la información actualizada desde la planeación de obra hasta el cierre del proyecto. Evidenciando los diferentes valores implicados en el EVM en tiempo real, adicionalmente este software integra todos los

departamentos tanto administrativos y operativos de la empresa E&C construcciones entre otras funciones.

Se hace indispensable tener conocimiento previo, ¿de qué se quiere buscar? con el control de obra mediante la técnica EVM, debido que al tener claridad en estos conceptos será más fácil evidenciar, “para donde se va”, los cálculos a realizar y qué sentido tiene medir los valores. Se debe tener claridad de la toma de información veraz y a tiempo ya que de esta dependerán los resultados y proyecciones que se evidencien mediante esta herramienta. Una información real permitirá establecer con exactitud la actualidad del proyecto.

La implementación de la guía metodológica del EVM nos ofrece como resultado un informe ejecutivo, el cual pone a disposición de las directivas, la historia del desarrollo del proyecto, su desempeño actual y las proyecciones futuras en tiempo y dinero, este informe se convierte en una herramienta relevante para el control de cualquier proyecto.

Adicional a esto se debe tener en cuenta que la implementación del EVM no garantiza por si solo el éxito del proyecto, esta metodología será siempre una herramienta, que será de gran utilidad, pero debe usarse de forma idónea por personal capacitado, que sepa analizar la información obtenida y tomar medidas necesarias para corregir la variación del proyecto. Como se evidencio en la urbanización San Jerónimo pese a prever el sobre costo y retraso, las medidas tomadas no generaron un ahorro significativo como para corregir las variaciones presentadas.

Para finalizar se resalta el potencial educativo que representa la modalidad de proyecto de grado como práctica empresarial para un estudiante de ingeniería civil. Esta pone a su disposición un entorno nuevo, donde el estudiante puede tener experiencia con personal en obra, gestión y dirección de proyectos, lectura e interpretación de diseños entre muchas otras situaciones propias de su vida

profesional, permitiendo al estudiante forjarse como un profesional integro que aplica sus conocimientos adquiridos durante su formación en la UIS en pro del desarrollo de una sociedad cambiante.

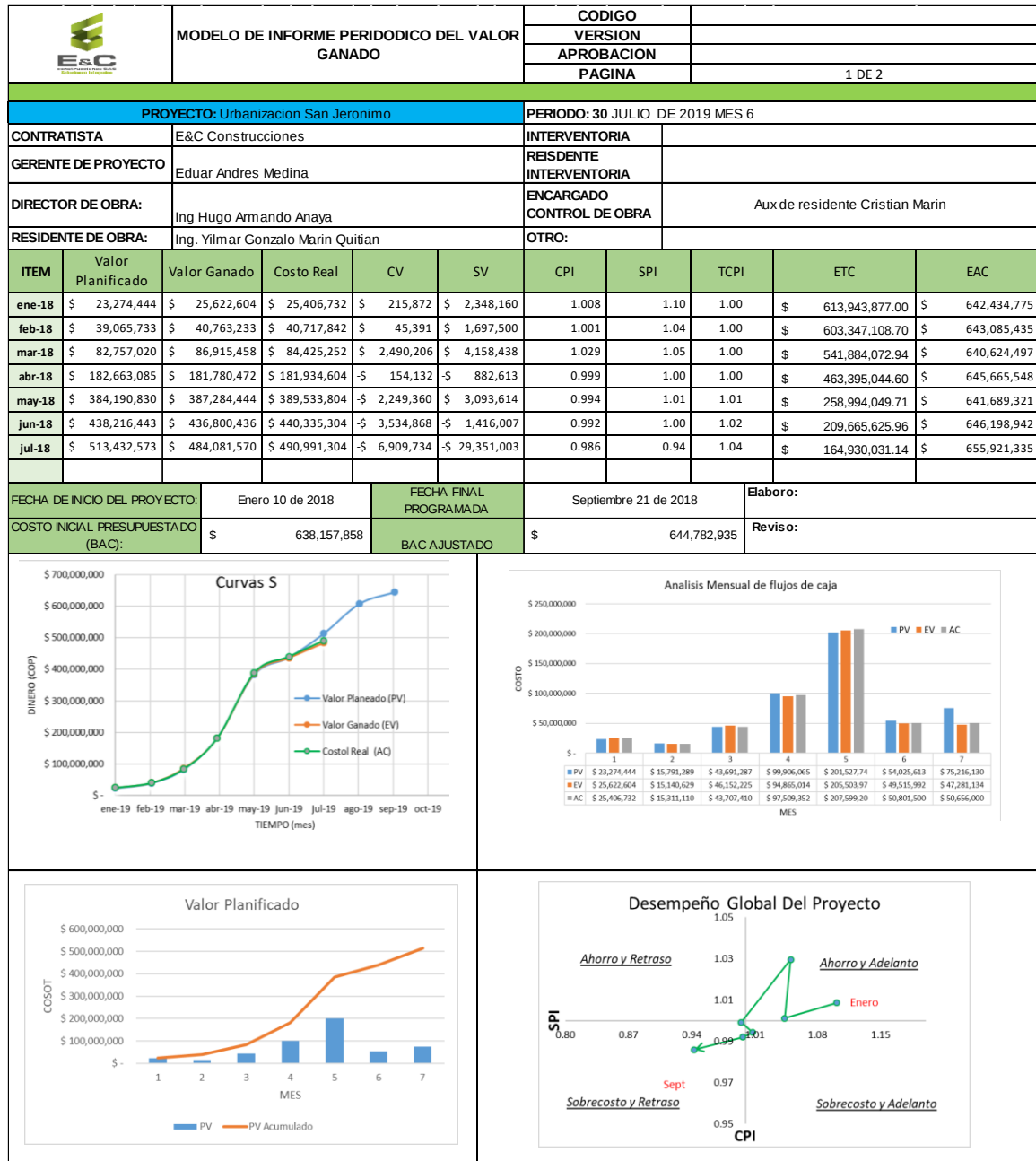
BIBLIOGRAFÍA

- ALBA, John. PMP Método del valor Ganado_ Parte 1
- CARVAJAL, Fabián. Implementación de la metodología del valor ganado en un proyecto de infraestructura vial. 2014.
- CASTELLS, Antonio. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Universidad Nacional Agraria. Diseño de Guía Metodológica para la elaboración de un plan de gestión Ambiental a nivel institucional. 2005.
- CLASIFICADOS del País (06 de abril de 2019) 5 factores que retrasan una obra, Disponible en <https://fincaraiz.elpais.com.co/noticias/5-factores-que-retrasan-una-obra-id687>
- HERNÁNDEZ, Sánchez, José Miguel. Gerencia de Proyectos con Project 2010, ECOE ediciones ,2012.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Practice Standard for earned Value Management- Second Edition. Newtown Square, PA: PMI. 2011.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)-Quinta edición- GlobalSTANDAED -año 2013-Pag 217-226.
- REY, Giovanny; SALINAS, Jairo. Aplicación de la Técnica del valor Ganado a un proyecto de construcción de Un edificio de Vivienda Estudio de caso.

- RIVERA, Carlos. Guía de aplicación del método del valor ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras. 2012.
- VELA, G. Seguimiento y Control. PMI capitulo Colombia. 2012.

ANEXOS

Anexo A. Modelo de informe periódico del valor ganado implementado en el control de obra Urbanización San Jerónimo



Anexo B. Modelo de informe periódico del valor ganado implementado en el control de obra Urbanización San Jerónimo

	MODELO DE INFORME PERIODICO DEL VALOR GANADO				CODIGO		
					VERSION		
					APROBACION		
					PAGINA		2 DE 2
PROYECTO: Urbanizacion San Jeronimo					PERIODO: 30 JULIO DE 2019 MES 6		
CONTRATISTA		E&C Construcciones			INTERVENTORIA		
GERENTE DE PROYECTO		Eduar Andres Medina			RESIDENTE INTERVENTORIA		
DIRECTOR DE OBRA:		Ing Hugo Armando Anaya			ENCARGADO CONTROL DE OBRA		Aux de residente Cristian Marin
RESIDENTE DE OBRA:		Ing. Ylmar Gonzalo Marin Quitian			OTRO:		
ITEM	ACTIVIDAD	% ejecucion	Valor Planificado	Valor Ganado	Costo Real	Analisis de tiempo	Analisis de Costo
1	LICENCIAS/DISEÑOS/PERMISOS/Publicidad	100%	\$ 116,466,380	\$ 116,466,380	\$ 119,513,842	EUQUILIBRIO	SOBRECOSTO
2	PRELIMINARES DE OBRA	100%	\$ 20,648,700	\$ 20,648,700	\$ 20,899,500	EUQUILIBRIO	SOBRECOSTO
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	100%	\$ 71,452,659	\$ 71,452,659	\$ 68,971,862	EUQUILIBRIO	AHORRO
4	RED ELECTRICA SUBTERRANEA	51%	\$ 58,973,279	\$ 40,153,470	\$ 42,740,420	RETRASO	SOBRECOSTO
5	RED ALCANTARILLADO	100%	\$ 205,421,500	\$ 205,421,500	\$ 207,533,280	EUQUILIBRIO	SOBRECOSTO
6	RED ACUEDUCTO	100%	\$ 18,909,624	\$ 18,909,624	\$ 19,301,200	EUQUILIBRIO	SOBRECOSTO
7	RED GAS DOMICILIARIO	100%	\$ 11,029,236	\$ 11,029,236	\$ 12,031,200	EUQUILIBRIO	SOBRECOSTO
8	ADECUACION DE ANDENES, SARDINELES, VIAS, ZONAS DE SECCION Y OBRAS COMPLEMENTARIAS	0%	\$ 10,531,195	\$ -	\$ -		
10	VIARIOS	0%	\$ -	\$ -	\$ -		
TOTAL			\$ 513,432,573	\$ 484,081,570	\$ 490,991,304	RETRASO	SOBRECOSTO
FECHA DE INICIO DEL PROYECTO:		Enero 10 de 2018	TIEMPO RESTANTE FINALIZACION (EAC)	2.546	Fecha de FInnalizacion programada:	Septiembre 21 de 2018	
COSTO INICIAL PRESUPUESTADO (BAC):		\$ 644,782,935	COSTO ESTIMADO PARA TERMINACION (ETC)	\$ 164,930,031	Fecha de FInnalizacion proyectada:	Octubre 10 de 2018	
					COSTO FINAL (EAC)	\$ 655,921,335	
OBSERVACIONES :							
RECOMENDACIONES :							
REVISOR;							