

**Análisis de las técnicas de valor y duración ganado, más adecuadas para el
seguimiento y control de proyectos en industrias manufactureras ubicadas en el
departamento de Antioquia, en el año 2020**

Paulo César Rodríguez Hincapié

Universidad Pontificia Bolivariana

Economía, Administración y Negocios

Maestría en gerencia de proyectos

Medellín – Antioquia

2020

**Análisis de las técnicas de valor y duración ganado, más adecuadas para el
seguimiento y control de proyectos en industrias manufactureras ubicadas en el
departamento de Antioquia, en el año 2020**

Paulo César Rodríguez Hincapié

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gerencia de Proyectos

Director:

Mario Sergio Gómez Rueda

Ingeniero Mecánico - Magister en Finanzas

Universidad Pontificia Bolivariana

Economía, Administración y Negocios

Maestría en gerencia de proyectos

Medellín – Antioquia

2020

Medellín 09 de septiembre del 2020

Paulo César Rodríguez Hincapié

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”.
Art. 92, párrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma *Paulo*

Tabla de contenido

1. Introducción.	10
2. Objetivos.	13
2.1. Objetivo general.	13
2.2. Objetivos específicos.	13
3. Justificación.	14
3.1. Delimitación del problema.	15
4. Viabilidad de la investigación.	17
4.1. Marco teórico.	17
4.1.1. Gestión de los costos.	18
4.1.2. Métricas de valor ganado.	20
4.1.3. Toma de decisiones basada en datos.	21
5. Diseño Metodológico.	22
5.1. Enfoque.	22
5.2. Alcance.	23
5.3. Diseño De investigación.	23
5.4. Fuentes.	25
5.5. Técnicas.	28
6. Desarrollo de los objetivos específicos.	29

6.1. Técnicas para el seguimiento y control de proyectos.	29
6.1.1 Técnica del valor ganado (EVM):	30
6.1.2. Técnica del cronograma ganado (ES).	41
6.1.3. Técnica de la duración ganada (EDM).	49
6.2. Técnicas más útiles para el seguimiento y control de proyectos en el sector industrial.	56
6.2.1 Proyecto de protección eléctrica.	59
6.2.2. Proyecto migración sistema de control PLC.	66
6.2.3. Proyecto de actualización tecnológica cocina de pegantes.	81
6.3. Identificar las herramientas más útiles para el seguimiento y control de proyectos, así como definir las características para la presentación de informes de seguimiento.	87
6.3.1. Ejemplo hoja de informe de seguimiento de proyectos.	94
7. Conclusiones.	97
8. Referencias.	100

Tabla de imágenes

Imagen 1: Diseño de triangulación concurrente (DITRIAC). Tomado de (metodología de la investigación 5ta Edición.pdf, s. f., p. 558)	24
Imagen 2: Diseños anidados concurrentes de modelo dominante (DIAC). (metodología de la investigación 5ta Edición.pdf, 2019, p. 560)	25
Imagen 3: Tomada de. (Mareels y Martens - 2019 - EARNED DURATION MANAGEMENT EVALUATION AND EXTENSIONS.pdf, s. f., p. 5).	30
Imagen 4: Curvas de valor ganado. Tomada de. (Ambriz Avelar, 2019).	34
Imagen 5: Comparativo variables del cronograma ganada. Tomada de. (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006, p. 12).	42
Imagen 6: Concepto de la técnica del cronograma ganado, Tomada de. (Lipke, s. f., p. 2).	43
Imagen 7: Comparativo técnica de valor ganado vs técnica del cronograma ganado, Tomada de. (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006, p. 2).	43
Imagen 8: Ejemplo aplicación técnica cronograma ganado (ES).	48
Imagen 9: Comparativo técnica valor y cronograma ganados.	49
Imagen 10: Conceptos gráficos de EDM, Tomada de. (Khamooshi & Golafshani, s. f., p. 10).	55
Imagen 11: Ejemplo de aplicación de la formula $ED(t)$, Tomada de. (Khamooshi & Golafshani, s. f., p. 5).	56
Imagen 12: Tabla de variables. PV, AC y EV.	60
Imagen 13: Curva S. Proyecto SIPRA.	60

Imagen 14: Seguimiento proyecto SIPRA.	61
Imagen 15: Curva "S" con "AC" y "EV".	61
Imagen 16: Seguimiento proyecto SIPRA.	62
Imagen 17: CPI y SPI.	63
Imagen 18: Demás variables del EVM.	64
Imagen 19: SV y VC basado en costos.	64
Imagen 20: Complemento del EVM con la técnica del ES.	65
Imagen 21: Comparativo EAC (\$) vs EAC(t).	66
Imagen 22: Curva "S" costos migración.	68
Imagen 23: Técnica del valor ganado. Tomada de (Project Management Institute, 2005, p. 33).	70
Imagen 24: Puntos claves para el uso del valor ganado. Tomada de (Project Management Institute, 2005, p. 34)	70
Imagen 25: Curva "S" basada en tiempo.	71
Imagen 26: Curva "S" en tiempo y costo.	72
Imagen 27: Comparativo SPI (\$), SPI(t).	73
Imagen 28: SPI(t) y DPI.	74
Imagen 29: Fin DPI vs SPI(t).	75
Imagen 30: Comparativo técnicas.	76
Imagen 31: Detalle indicadores al finalizar.	76
Imagen 32: Proyecciones EAC (tiempo y costo).	77
Imagen 33: Detalle proyección al finalizar	79
Imagen 34: Ejemplo de cálculos para los indicadores.	80

Imagen 35: Comparativo DPI vs EDI. _____	81
Imagen 37: Comparativo curvas "S" en tiempo y costo. _____	83
Imagen 38: Comparativo DPI vs SPI(t)._____	84
Imagen 39: Grafica SPI (\$) vs CPI (\$). _____	85
Imagen 40: Comparativo índices basados en tiempo. _____	86
Imagen 41: Comparativo entre EAC (\$), EAC(t) y EDAC. _____	86
Imagen 42: Cronograma Excel. _____	89
Imagen 43: Cálculo de factores de la técnica ES. _____	89
Imagen 44: Variables control de proyectos, tomadas de Microsoft Project. _____	91
Imagen 45: Configuración en la herramienta. _____	91
Imagen 46: Avance en hoja de cálculo. _____	92
Imagen 47: Variables de las técnicas. _____	93
Imagen 48: Reporte de cuadrantes (fuente propia). _____	95
Imagen 49: Ejemplo informe seguimiento proyectos (fuente propia). _____	96

Listado de tablas

Tabla 1: Progreso de la técnica de valor ganado. Tomada de (Kwak & Anbari, 2012, p. 79). _____31

Tabla 2: Análisis del valor ganado, Tomada de. (Project Management Institute, 2017, p. 287)_____38

1. Introducción

A través de los años se ha visto como la gestión de los costos en proyectos es una labor relegada al control del presupuesto, esto ha venido cambiando para convertirse en el área del conocimiento que apoya el seguimiento y control de los mismos, esto es debido a que en general las inversiones y cómo se manejan las mismas en los proyectos, representan para muchos patrocinadores el éxito o fracaso de los mismos, como lo menciona el siguiente artículo existen otras variables que a juicio de los interesados se deben tener en cuenta:

Los criterios tradicionales de éxito de la gestión de proyectos, el tiempo, el costo y la calidad aún tienen un fuerte control dentro de la comunidad de gestión de proyectos. Sin embargo, se considera que el criterio de éxito más importante era el criterio de éxito del producto para satisfacer las necesidades del propietario. (Baccarini & Collins, s. f.).

El escrito anterior apoya la idea de que un constante seguimiento y control de los proyectos a través de métricas que sean capaces de generar información válida a tiempo para la toma de decisiones, son de vital importancia en la gerencia moderna, esto aunado a que, por medio de las mismas métricas, es posible en cierta medida tener un control de la calidad de ciertos aspectos del proyecto.

Cuando se habla de expectativas es cómo los interesados de los proyectos ven sus requerimientos o necesidades convertidos en realidad, no solo se preocupan por el

producto que se entrega en un proyecto, sino como ellos se ven retroalimentados con información que les permita hacer control al seguimiento de estos.

La forma de captar la atención y mantener a los interesados alineados con los procesos de la gerencia de proyectos es mostrarles los beneficios de llevar métricas que se encuentren nutridas de datos, que las entiendan y que vean en ellas sus aliadas para la toma de decisiones efectivas a tiempo.

Es en la gerencia de los costos donde las técnicas de valor ganado han desarrollado su enfoque y donde esta área del conocimiento puede ser analizada en un entorno global, que enmarque la salud de los proyectos, pero con la adición de otras variables a esta técnica se ha visto como no solo se genera información de costos sino del cronograma, lo cual da una mirada global al desarrollo del proyecto.

La gerencia de proyectos debe estar enmarcada, como la herramienta con la cual cuentan las organizaciones para dar cumplimiento a su visión de largo alcance, es decir es el proceso a través del cual se logra dar cumplimiento a los objetivos estratégicos de las compañías, con este ánimo y soportados con hechos y datos es que la gerencia de los costos con apoyo de las métricas de valor ganado, dan impulso para realizar el seguimiento y control de los proyectos, más aun en estas épocas modernas donde la presión de las compañías Colombianas por la globalización ha impulsado que estas inviertan sus recursos en proyectos que no cumplen los mínimos requisitos en tiempo, costo, alcance y calidad, es por esto que se ve el gran potencial en impulsar el seguimiento y control de proyectos para mejorar los índices de proyectos

exitosos a nivel del departamento de Antioquia y que impacte los indicadores a nivel nacional.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar las técnicas de valor ganado, más adecuadas para el seguimiento y control de proyectos industriales en una empresa de fabricación de paneles de madera procesada entre mediados del año 2019 y 2020, en el municipio de Barbosa departamento de Antioquia.

2.2. Objetivos específicos

- a.** Definir cuales técnicas de valor ganado van a ayudar en el seguimiento y control de los proyectos, en cronograma y en costos.
- b.** Definir qué técnicas son las más adecuadas para el tipo de proyectos que son desarrollados en el entorno industrial, dichas técnicas serán aplicadas a proyectos del CAPEX industrial en la empresa objeto de estudio.
- c.** Identificar las herramientas más útiles para el seguimiento y control de los proyectos, así como definir las características para la presentación de informes de seguimiento.

3. Justificación

El motivo principal para desarrollar esta investigación para una empresa de procesamiento de madera, fue debido a que se identificaron factores que dificultaban llevar a cabo el seguimiento y control de los proyectos, algunas de estas dificultades son: El número reducido de personal para llevar a cabo tareas tanto de ingeniería como administrativas, personal poco formado en técnicas de seguimiento y control de proyectos, alcance poco claro al inicio de actividades, cronogramas y costos de los proyectos establecidos desde etapas muy tempranas a lo largo del ciclo de vida del mismo.

La empresa objeto de estudio es una compañía del sector de la transformación de la madera, cuyo proceso productivo inicia en la siembra y aprovechamiento de madera (eucalipto y pino) de la siembra y cultivo se pasa a las unidades industriales, las cuales tienen a grandes rasgos 7 procesos productivos: Preparación de astilla (descortezador, chipper o viruteadora), cocinado o secado de astilla (refinador, secador, caldera), línea de formación del tablero, prensado de tablero, lijado, modulado y laminación; adicional a estos en una de las unidades industriales se cuenta con otros dos procesos: fabricación de resinas, la cual es el componente que sirve para adherir las fibras o las astillas entre ellas para formar los tableros, reacción que se logra a través de calor y presión en el proceso de prensado, la otra planta es una línea de impregnación de papeles, los cuales sirven para decorar los tableros crudos, agregando valor a los mismos.

Para llevar a cabo la investigación se revisó la literatura buscando las diferentes técnicas y su entorno de aplicación, las principales características de estas, sus ventajas, desventajas y cuáles pueden ser aplicadas a los tipos de proyectos del sector industrial, los cuales tienen características muy propias, tanto en alcance, tiempo y costo, validando en la documentación de las técnicas se definirán los límites de control, los cuales sirven como punto comparativo para la mejora continua en el desempeño y en el proceso de los proyectos.

La principal motivación para llevar a cabo este estudio es encontrar la técnica o el conjunto de estas para realizar el seguimiento y control de proyectos en el sector industrial de estudio, esto debido a lo particular de dichos proyectos, ya que en el general de los casos son proyectos de bajos costos de implementación, poco personal para el control y que no se tiene los costos unitarios de cada actividad, por lo cual cada técnica puede ser aplicada a ciertos proyectos, es decir no se tiene una técnica uniforme para todos los proyectos, por lo cual es posible llevar a cabo varias técnicas a la vez y que cada una complementa la información que se requiere conseguir.

3.1. Delimitación del problema

Tiempo: Se definen 12 meses para la investigación iniciando en junio del año 2019 y terminando en junio del año 2020, en dicho tiempo se efectuó la investigación y la aplicación de las diferentes técnicas en proyectos ejecutados en dicho periodo de tiempo, se evalúa el comportamiento de estos, así mismo, se reunieron los datos para el proceso investigativo y con estos realizar la gestión del cambio, evaluando si alguno de entregables de los proyectos de ejemplo se estaban saliendo del plan, de los

límites de control o que no aportaban al logro del objetivo, el cual se ha definido como la búsqueda de un conjunto de métricas para el seguimiento y control de los proyectos.

Lugar: Se define hacer pruebas de las técnicas encontradas en la unidad industrial de Barbosa - Antioquia, dado que se buscaba tener diferentes tipos de proyectos con diferentes características, los cuales ayudan a tener un panorama general de la aplicación de las técnicas.

4. Viabilidad de la investigación

El método de investigación es mixto, el cual aglutina las características cuantitativas, las cuales se toman de experiencias o conceptos generados en la historia de proyectos ejecutados en la compañía de estudio y cualitativas datos tomados de proyectos en ejecución, a los cuales se les aplicaran las técnicas de seguimiento y control, también hay una gran cantidad de documentos, artículos y libros que exponen y detallan las diferentes técnicas para llevar a cabo el seguimiento y control de los proyectos. La investigación se enmarco en un lapso suficiente para definir las métricas y llevar a cabo las pruebas del funcionamiento de estas en proyectos en ejecución, en cuanto a lo económico no es de gran relevancia, dado que los experimentos serán proyectos en ejecución, los cuales ya tienen el presupuesto asignado, por lo cual no se requiere asignación de recurso económico para el proceso investigativo.

4.1. Marco teórico

Como se explica en el siguiente texto el marco teórico permite que:

Una vez formulado con precisión cuál es el problema para investigar y especificados cuáles serán los objetivos y los resultados que se esperan de la investigación, debe plantearse cuál será el camino que se va a seguir. Es decir, se debe diseñar la estrategia metodológica dentro de la cual consideremos que podemos obtener el nuevo conocimiento, como solución al problema que enfrentamos” (Tamayo y Tamayo, 2003, p. 141).

Las áreas del conocimiento del cronograma y de los costos se definen como la base para este estudio, debido a que es en estas donde la aplicación de las técnicas de seguimiento y control cobran gran relevancia, aunque las técnicas de valor ganado están enfocadas en los costos, es decir comúnmente se aplican en la gestión de los costos, tiene una aplicación primordial en la gestión del cronograma, debido a que en el común de los proyectos de la compañía objeto de estudio ya dispone del costo total del proyecto; pero se resalta que no se tienen los costos unitarios, lo cual dificulta la aplicación de las técnicas basadas en costos, por lo cual se recurre a las técnicas basadas en cronograma para poder llenar los vacíos de información que dejan las técnicas de valor ganado, adicional a estos una de las fuentes de información de los costos es el cronograma, por lo cual estas áreas del conocimiento para efectos de esta investigación se unen en la busque de una o varias técnicas que se complementen y generen un entendimiento global del estado de salud del proyecto, tanto en costos como en cronograma.

4.1.1. Gestión de los costos

- a. Gestión de proyectos:** Como lo aclara la guía del PMBOK “La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este” (Project Management Institute, 2017, p. 5). en resumen, la gestión de los proyectos es una serie de elementos que sirven para cumplir el alcance de los mismo, la pregunta que saldría de esto es ¿por qué medio?, es en este dónde se

identifica la importancia de hacerle seguimiento y control tanto a los costos como al cronograma y en ella se enmarca la búsqueda de las técnicas más útiles para garantizar el cumplimiento de este.

- b. Planificar la gestión de los costos:** Se interpreta la gestión de los costos como “El proceso de definir cómo los costos del proyecto serán estimados, presupuestados, administrados, monitoreados y controlados.”(Project Management Institute, 2017, p. 231). Unido a esta definición, para efectos prácticos la gestión de los costos nos ofrece la posibilidad de darle una mirada general al estado en que se encuentra el proyecto.
- c. Estimar los costos:** “El proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto”(Project Management Institute, 2017, p. 231). Una de las entradas para la estimación de los costos es el cronograma, el cual en las métricas de valor ganado sirve para dar una mirada global del desarrollo del proyecto y como estos datos de costos y cronograma sirven como insumo para la toma de decisiones.
- d. Determinar el presupuesto:** “El proceso de agregar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada”(Project Management Institute, 2017, p. 231). La importancia no solo de tener técnicas para la estimación del presupuesto, no solo hablando de costos, sino de cronograma, debido a que es común dar estos valores en etapas muy tempranas de los proyectos, generando falsas expectativas y un riesgo alto para el éxito de estos.

- e. **Controlar los costos:** “El proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y administrar los cambios en la línea de base de costos”(Project Management Institute, 2017, p. 231). El controlar los costos no solo es de gran importancia para la presentación de informes de salud de los proyectos, sino, por que, al tener un control de estos, se logra información muy certera, tanto de duración como de costos de las actividades, información fuente que sirve para tener una base de datos a la cual recurrir cuando se estén estimando los costos de otros proyectos.

Para el desarrollo de esta métrica se tomará de referencia la guía del PMBOK 5ta y 6ta edición, más específicamente en los capítulos 6 y 7.

4.1.2. Métricas de valor ganado.

- a. **Gestión del valor ganado (EVM):** La técnica de valor ganado sirve para llevar a cabo el seguimiento y control de los proyectos, aunque basada en costos, por medio de esta técnica la oficina de proyectos es capaz de dar una mirada general al desarrollo de los proyectos y como va su gestión.
- b. **Cronograma Ganado (ES):** Es una extensión de la técnica EVM, pero traducida en términos de la variable tiempo, la cual complementa el EVM, ya que ubica al interesado en un espacio temporal. EV en la técnica del valor ganado) y tiempo real (AT)” (Project Management Institute, 2017, p. 233).
- c. **Métrica:** “Término genérico que abarca la base cuantitativa mediante el cual se establecen los objetivos y se evalúa el rendimiento.” (Fernández-Vivancos, s. f., p. 8).

d. Indicadores: “Variable o factor cuantitativo o cualitativo que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros, reflejar los cambios vinculados con una intervención o ayudar a evaluar los resultados de un organismo de desarrollo” («OECD», s. f., p. 25).

4.1.3. Toma de decisiones basada en datos

Gestión basada en resultados: “Estrategia de gestión que se centra en el desempeño y el logro de productos, efectos e impacto” («OECD», s. f., p. 34).

5. Diseño Metodológico

Para el problema de investigación el cual hace referencia a la búsqueda de la o las técnicas más apropiadas para el seguimiento y control de proyectos en entornos industriales; en esta investigación se analizaron formatos para el seguimiento y control de proyectos, diferentes autores y estándares que se hayan desarrollado para las técnicas que apoyen la solución del problema de investigación, adicional a estos dichas técnicas se pusieron en práctica en proyectos del sector industrial en la empresa objeto de estudio, encontrando sus ventajas y desventajas, al concluir esto se buscara que información es la más relevante para la presentación de informes, la precisión de las métricas en el desarrollo de proyecciones y como estos datos aportan información relevante para la toma de decisiones.

5.1. Enfoque

Para el desarrollo de la presente investigación mixta, se tomó como referencia las características propias del área a estudiar, la información con que se contaba y los datos que se pudieron recolectar, esto debido a que muchos de ellos son datos cualitativos como los son las percepciones de los interesados de los proyectos y de los patrocinadores de los mismos, adicional a esto se disponía de datos de tipo cuantitativos como lo son las lecciones aprendidas, los tiempos de ejecución de los proyectos y los costos de los mismos, dichos datos se integraron para generar la información necesaria para la investigación. Según el libro de las metodologías de investigación científica:

“Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, Méndez Valencia, & Mendoza Torres, 2014, p. 534).

5.2. Alcance

Por las características de la información con que se cuenta y el alcance técnico del presente estudio, se decidió que el presente trabajo de grado se enmarque en dos tipos de alcance: descriptivo y correlacional, con el alcance descriptivo se pretende analizar cómo es el comportamiento de las variables costo y tiempo en los proyectos de una empresa del sector industrial del procesamiento de madera y con el alcance correlacional, se demostrara cómo se relacionan estas variables, las cuales son en su definición cuantitativas, mostrando diferentes indicadores que apoyen la generación de informes.

5.3. Diseño De investigación

Para el desarrollo de la investigación se definieron dos diseños, los cuales según el criterio son los que más se adaptan a los datos con que se cuentan y los que se puedan extraer, así mismo son los diseños que con más profundidad explican los fenómenos que se dan en este tipo de investigación y que permitirán hacer inferencias de cómo se

comportan las variables cuando se confrontan o anidan los tipos de datos cualitativos y cuantitativos.

a. Diseño de triangulación concurrente (DITRIAC):

Para la presente investigación se define el diseño de triangulación concurrente (DITRIAC) ver imagen 1, la cual muestra que por el tipo de datos con que se cuentan como: lecciones aprendidas (datos cualitativos y cualitativos), resultados de proyectos anteriores (datos cuantitativos y cualitativos), percepciones de patrocinadores (cualitativos), desarrollo de ejemplos de aplicación de las técnicas de valor ganado en proyectos en ejecución (datos cuantitativos), servirá para el desarrollo del problema, estos datos se confrontan para identificar cual o cuales de dichas técnicas sirven para la generación de informes de seguimiento y control de los proyectos en la fábrica de estudio.

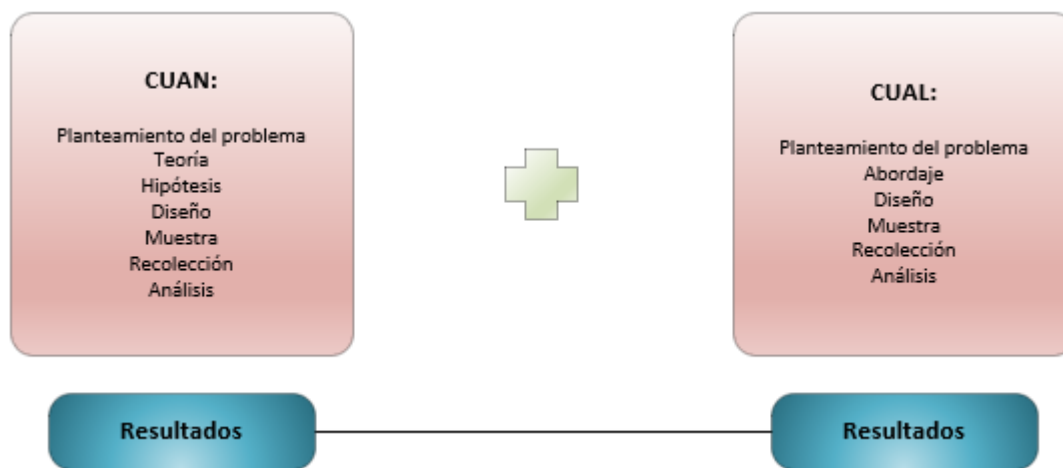


Imagen 1: Diseño de triangulación concurrente (DITRIAC). Tomado de (metodología de la investigación 5ta Edición.pdf, s. f., p. 558)

En el presente estudio como ya se mencionó, se tomaron en cuenta datos de tipo cualitativos y cuantitativos, estos por medio del diseño DITRIAC van a ser cruzados

en busca que cada tipo de datos complemente los otros, es decir, al cruzar los datos cuantitativos con los cualitativos se tendrán conclusiones que ayuden a explicar percepciones, gustos o deseos percibidos por los interesados que pueden ser cubiertos por el entregable de la investigación del presente trabajo.

b. Diseño anidado o incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC):

Como se puede ver en la imagen 2 el diseño (DIAC) ayuda en este tipo de investigación, dado que hay una variable principal como las pruebas con proyectos en ejecución los cuales guiarán la investigación a las conclusiones, estos datos serán los dominantes y los datos cualitativos serán los datos anidados los cuales parten de percepciones que tienen los patrocinadores de cómo se han desarrollado los proyectos.

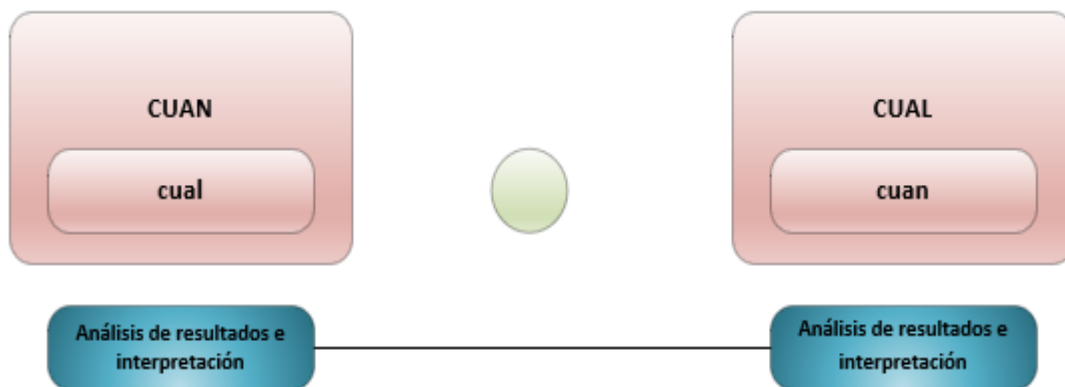


Imagen 2: Diseños anidados concurrentes de modelo dominante (DIAC). (metodología de la investigación 5ta Edición.pdf, 2019, p. 560)

5.4. Fuentes

Para la recolección de la información del estudio se recurrió a dos tipos de fuentes: primarias por medio de artículos y estándares enfocados en la gerencia de proyectos y

más precisamente los que ahondan el tema de objeto de estudio, como (Project Management Institute, 2005) el cual es el estándar y define la técnica del valor ganado, (Project Management Institute, 2017), la guía del PMBOK la cual define las áreas de conocimiento en cuestión, artículo de (Anbari, s. f.), que profundiza la técnica EVM, el artículo de (Lipke, s. f.) que define la técnica del cronograma ganado y el artículo (Khamooshi & Golafshani, s. f.), el cual define la última técnica de estudio que es la duración ganada. Con las fuentes secundarias se recolectan los datos cualitativos y cuantitativos, de proyectos en ejecución, las cuales se complementarán para tratar de cubrir todo el espectro de información requerida para el desarrollo del presente trabajo, con estas fuentes intentó recabar y procesar toda la información, tanto de experiencias en proyectos ya ejecutados como de proyectos en ejecución y así identificar como se ejecutan las técnicas y la presentación de informes del desarrollo de los proyectos.

Para apoyar y darle soporte teórico a las fuentes de datos primarias se recurrió a un amplio rastreo bibliográfico, enfocado en definir cuáles son los estándares más utilizados, nuevas prácticas y casos de éxito en la aplicación de metodologías de valor ganado, para esto será de gran ayuda la consulta a bases de datos científicas y documentos de estándares.

Para el desarrollo de las métricas se han definieron los siguientes autores y sus respectivos escritos como fuente de consulta para la revisión de las técnicas de valor ganado: (Mareels & Martens, 2019), (Henderson, s. f.), (Anbari, s. f.), (Khamooshi

& Golafshani, s. f.), (Lipke, s. f.), (I. S. Vandevoorde, s. f.), (de Andrade et al., s. f.), (S. Vandevoorde & Vanhoucke, 2006).

a. Primarias: Rastreo bibliográfico. Para las fuentes primarias se hizo un rastreo bibliográfico en las diferentes bases de datos científicas encontrando como base los siguientes artículos, tesis tanto doctorales como de maestría y libros de estándares en gestión de proyectos.

- **Libro:**(Project Management Institute, 2017): Se identifican los capítulos 6 y 7, con los cuales se aborda la teoría de la gestión de proyectos, costos y cronograma.
- **Libro:**(Project Management Institute, 2005): Se identifica la metodología base para las técnicas del valor ganado.
- **Artículo:**(Lipke, s. f.): Se identifica una técnica que traduce la técnica del valor ganado en tiempo.
- **Artículo:**(Anbari, s. f.): Se refuerza como la técnica del cronograma ganado ayuda a mejorar el entendimiento de los resultados de los proyectos.
- **Artículo:**(Serrador & Rodney Turner, 2014): Se da una mirada a como se mide el éxito en los proyectos.

b. Secundarias: Revisión de historia de ejecución de proyectos en la compañía. Para la recolección de la información de las fuentes secundarias se llevó a cabo la revisión cualitativa de los entregables y la valoración de los proyectos que se han entregado en la compañía objeto de estudio, estos datos se van a contrarrestar contra los ejercicios prácticos en proyectos en ejecución aplicando las técnicas a desarrollar.

5.5. Técnicas

El análisis de la información recolectada por los ejemplos de aplicación en proyectos reales y la revisión de registros históricos, se hará por medio de tablas, las cuales nos ayudan a representar, analizar y sacar conclusiones de la información recolectada.

6. Desarrollo de los objetivos específicos

En este capítulo se llevaron a cabo el desarrollo de los 3 objetivos específicos, los cuales se abordaron tanto desde un enfoque teórico como práctico, de proyectos llevados a cabo en la compañía de estudio, la cual hace parte del sector industrial, proyectos que tienen particularidades en cuanto a su desarrollo e implementación.

6.1. Técnicas para el seguimiento y control de proyectos

Uno de los objetivos de este trabajo fue la búsqueda de las técnicas más utilizadas para el seguimiento y control de los proyectos, adicional a esto la búsqueda se enfocó en que técnicas pueden ser las más prácticas y útiles para llevar a cabo el seguimiento y control de proyectos, dado que la técnica llamada EVM (earned value management , gestión del valor ganado) no llena todos los vacíos que se pueden generar en dichos proyectos de la empresa de estudio, por lo cual se buscó complementar esta con algunas técnicas que apoyen al equipo de proyectos en el seguimiento y control.

La imagen 3 da una mirada de cómo ha sido el avance de las técnicas del valor ganado a través del tiempo, la cual surge como una manera de controlar los costos y a medida que se van desarrollando proyectos con estas técnicas, los autores la van perfeccionando hasta llegar a la técnica de la duración ganada, cada técnica tiene sus ventajas y se analizó para los casos específicos en ejemplos de proyectos.

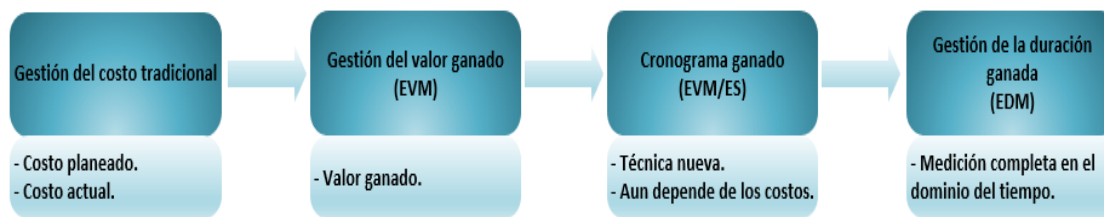


Imagen 3: Tomada de. (Mareels y Martens - 2019 - EARNED DURATION MANAGEMENT EVALUATION AND EXTENSIONS.pdf, s. f., p. 5).

6.1.1 Técnica del valor ganado (EVM):

Al inicio de cada proyecto se deben definir los componentes que se van a utilizar para el seguimiento y control de los proyectos, para este proceso la técnica más utilizada es la de valor ganado, cuyo uso está generalizado tanto en instituciones de gobiernos, como en empresas a nivel mundial.

La técnica de valor ganado se apoya en los costos y duración de cada actividad para realizar el control y seguimiento de los proyectos, esta técnica da información de cuánto trabajo se ha llevado a cabo en el proyecto, información con la cual se despliegan más indicadores que no solo apoyan el seguimiento continuo de los proyectos, sino que sirve para poder realizar proyecciones del comportamiento de los proyectos.

Como lo mencionan en el artículo (Anbari, s. f.), estas técnicas no son nuevas y han sido utilizadas como técnicas para el seguimiento y control de proyectos.

Una forma básica del método de gestión del proyecto de análisis del valor ganado (a menudo denominado EVA o EVM) se remonta a los ingenieros industriales en la fábrica a finales de 1800 (Fleming y Koppelman, 2000; Kim, 2000). Alrededor de 1967, las agencias del gobierno federal de EE. UU.

Introdujeron el EVM como parte integral de los criterios de los sistemas de control de costos / cronogramas (C / SCSC) y se utilizó Grandes programas de adquisición. El EVM se ha utilizado ampliamente y con éxito en proyectos asociados con el gobierno federal de los EE. UU., Con un uso mucho menor en la industria privada. (Anbari, s. f., p. 1).

Según los análisis de información que se revisó, las herramientas de seguimiento y control de proyectos, como el EVM son eficientes, o generan información valiosa del desempeño de los proyectos al inicio de este, pero no al final, ya que, si el proyecto tiene un fin tardío, los indicadores de desempeño basados en costos (SPI == 1 y SV == 0) tienden siempre a su valor de destino, generando información poco confiable de los proyectos.

Tabla 1: Progreso de la técnica de valor ganado. Tomada de (Kwak & Anbari, 2012, p. 79).

Year	Event
1967	Cost/Schedule control system criteria (C/SCSC) introduced by U.S. Department of defense (DOD).
1972	First C/SCSC Joint implementation guide issued to ensure consistency among military departments.
1991	DOD Instruction 5000.2 Defense acquisition management policies and procedures issued reaffirming use of EVM.
1996	DODR 5000.2-R Mandatory procedures for major defense acquisition programs and major automated information system acquisition programs issued. Draft industry guidelines accepted by under secretary of defense and C/SCSC revised from 35 to 32 criteria.
1998	American national standards institute/electronic industries alliance published industry guidelines for EVM systems (EVM, ANSI/EIA-748-98).
1999	Under secretary of defense adopts ANSI/EIA-748.98 for DOD acquisition.
2000	Simplified EVM terminology published by project management institute.
2005	Practice standard for earned value management published by the project management institute (revised; second, edition published in 2011)

La tabla 1 muestra la aplicación de la técnica de valor ganado (EVM) y su evolución hasta convertirse en un estándar.

Para ir abordando las diferentes técnicas utilizadas para el seguimiento y control de proyectos, es preciso definir las diferentes variables que componen la técnica de valor ganado.

Valor planificado (PV):

Se entiende a la variable PV como el presupuesto asignado para cada actividad o paquete de trabajo, cuyo valor debe estar registrado en la línea base de los costos.

Presupuesto al finalizar (BAC):

Se entiende la variable BAC, como el presupuesto general del proyecto, dicho valor debe verse reflejado en la línea base de los costos.

Costo actual (AC):

Es el costo actual de la o las actividades llevadas a cabo en el proyecto.

Valor ganado (EV):

Se entiende como el costo del trabajo realizado, identifica la eficiencia de cuanto trabajo realmente se ha logrado por unidad de costo.

EV: Es la variable principal de cálculo para los demás indicadores de la técnica EVM, Esta depende, según la literatura del BAC (Presupuesto al finalizar), pero en casos prácticos es preciso saber que el EV puede ser calculado basándose en el valor planificado para cada actividad o paquete de trabajo (PV)

- a. **EV** = % Completado de la tarea x BAC (Línea base del presupuesto)
- b. **EV** = % Completado de la tarea x PV (Presupuesto aprobado para dicha tarea)

Nota: En general para la generación de reportes, los proyectos tienen muchos cortes de obra, esto va a depender del grado de rigurosidad que requiere el mismo proyecto, por ende, es mucho más sencillo utilizar la segunda fórmula expuesta para el cálculo del EV, ya que, si no se tendría que conocer el porcentaje de cada tarea dentro del costo total del proyecto, es preciso conocer estos conceptos para entender los cálculos que realizan los diferentes software, que se utilizan para llevar a los cronogramas.

Las variables: BAC, PV, AC y EV, anteriormente mencionadas, son las bases para el entendimiento y manejo de la técnica del valor ganado (EVM), estas son la base de cálculo de para los demás indicadores que se pueden extraer de dicha técnica.

El uso generalizado de la técnica de valor ganado hace que sea la técnica preferida para el control de proyectos, tanto en tiempo como en dinero, como esta métrica se enfoca en la generación de estimaciones futuras para informes gerenciales, es acá cuando la técnica pierde valor de generar información a las personas menos conocedoras y que de un vistazo pueden validar que tan bien o mal está la ejecución de las actividades del proyecto, y más a un generar información para futuros proyectos, donde se conozca en si la eficiencia en la gestión del tiempo.

La imagen 4 sirve para ilustrar de una mejor forma la metodología del valor ganado y las diferentes variables que hacen parte de esta, adicional a estas en la

imagen se pueden ver las diferentes proyecciones que pueden ser logradas a partir de la técnica del valor ganado.

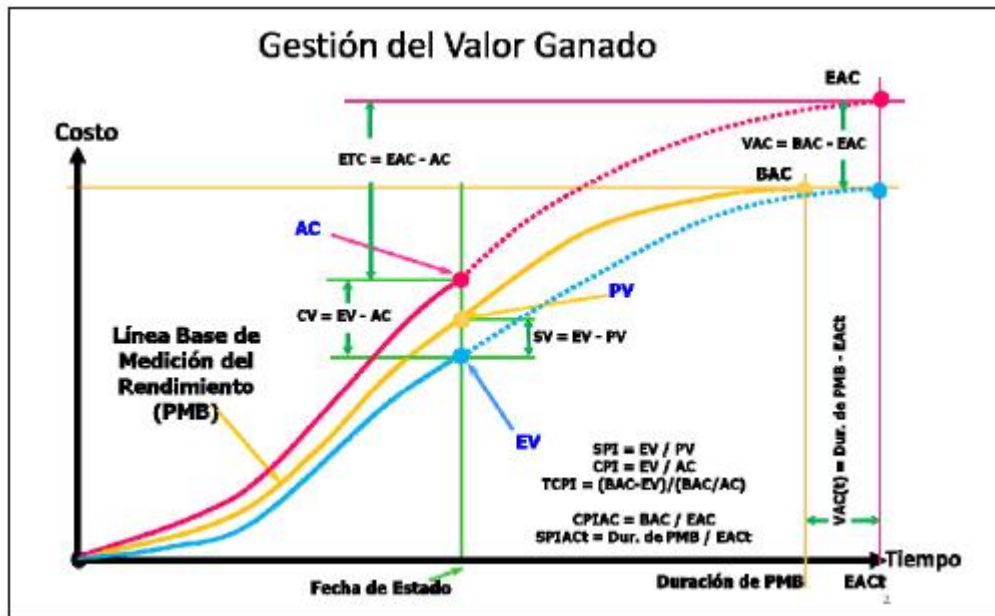


Imagen 4: Curvas de valor ganado. Tomada de. (Ambriz Avelar, 2019).

Los indicadores de los proyectos según la técnica de valor ganado se dividen en 2 ramas, los indicadores basados en costos y los basados en el cronograma.

Indicadores basados en los costos:

Los siguientes índices sirven para mostrar qué tan avanzado o retrasado está el proyecto versus la línea base de costos definida en el cronograma.

Variación del costo (VC):

Es la diferencia entre los costos presupuestas para las actividades y lo realmente ejecutado.

Formulas:**a.**

$$VC = EV - AC$$

b.

$$\%VC = \frac{VC}{EV}$$

Nota: Para ambas fórmulas un valor negativo no es favorable.

Índice de rendimiento de los costos (CPI):

“Es una medida de la rentabilidad de los presupuestos, expresados como una relación entre el valor ganado y el costo real, se considera la métrica del EVM más crítica y mide la rentabilidad del trabajo realizado”. (Project Management Institute, 2017, p. 263)

Un valor de CPI inferior a 1,0 indica un sobrecosto por trabajo completado.

Un valor de CPI mayor que 1.0 indica un costo inferior al rendimiento hasta la fecha.

Formula:

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

Indicadores basados en tiempo:

Los siguientes índices sirven para mostrar en términos de costos que tan avanzado o retrasado está el proyecto, versus la línea base de tiempo definida en el cronograma.

Variación del cronograma (SV):

“Es una medida del rendimiento del horario expresada como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado. Es la cantidad en la cual el proyecto está adelante o atrás la fecha de entrega planificada, en un momento dado. Es una métrica útil ya que puede indicar cuándo un proyecto está quedando atrás o está por delante de su cronograma de referencia.

Nota: La variación de programación se utiliza mejor junto con la programación del método de ruta crítica (CPM) y gestión de riesgos”. (Project Management Institute, 2017, p. 262).

Formula:

$$SV = EV - PV$$

Índice de rendimiento del cronograma (SPI):

“Es una medida de la eficiencia del cronograma expresado como la relación entre el valor ganado y el valor planificado. Mide qué tan eficientemente es el equipo del proyecto realizando el trabajo” (Project Management Institute, 2017, p. 263).

Un valor SPI menor que 1.0 indica que se completó menos trabajo que fue planeado.

Un SPI mayor que 1.0 indica que se completó más trabajo del que se planeó.

Fórmula:

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

Proyecciones:

A medida que avanza el proyecto, el equipo del proyecto puede desarrollar un pronóstico para la estimación al finalizar que puede diferir del presupuesto al finalizar tanto en costos como en tiempo, esto basándose en el desempeño del proyecto.

Estimación para completar (EAC):

“Proyecta para el equipo de trabajo el costo final del proyecto, si las tendencias actuales de rendimiento continúan”. (Project Management Institute, 2005, p. 19).

Fórmulas:

a.

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

Esta fórmula asume que el trabajo restante del proyecto será llevado a cabo con el mismo rendimiento en costos (CPI) que el trabajo ya realizado (que no habrá cambios significativos en el desempeño del proyecto).

b.

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

Esta fórmula tiene en cuenta ambos indicadores tanto el indicador de desempeño de los costos, como el del cronograma.

c.

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

Este método acepta el real desempeño hasta la fecha (ya sea favorable o desfavorable) según lo representado por los costos reales, y predice que todo el trabajo futuro de ETC se realizará a la tasa presupuestada.

En resumen, las proyecciones dependen de que se pretenda revisar, según el criterio propio del evaluador, en la literatura se encuentran ejemplos que utilizan todas las fórmulas de las proyecciones encontrando las virtudes de cada una de ellas, pero si se basa en la forma como se está desarrollando el proyecto se podría asumir que como va terminara llenado si no hay un cambio significativo, por lo cual para efectos de este trabajo se utiliza la formula a.

Variación al finalizar (VAC):

Muestra al equipo si el proyecto terminará bajo o sobre presupuesto.

Fórmula:

$$VAC = BAC + (BAC - EAC)$$

La tabla 2, nos ilustra las variables de la técnica del valor ganado (EVM) y su formulación.

Tabla 2: Análisis del valor ganado, Tomada de. (Project Management Institute, 2017, p. 287)

Análisis del valor ganado.					
Abreviación	Nombre	Definición	Como usar	Ecuación	Interpretación
PV	Valor planeado	El presupuesto autorizado asignado a trabajo programado.	El valor del trabajo planeado para ser completado hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de los datos o la finalización del proyecto.		

EV	Valor ganado	La medida del trabajo realizado expresado en términos de presupuesto autorizado para ese trabajo.	El valor planificado de todo el trabajo completado (ganado) a un punto en hora, normalmente la fecha de los datos, sin referencia a los costes reales.	EV = suma de lo planificado valor del trabajo terminado	
AC	Costo actual	El costo realizado incurrido por el trabajo realizado en una actividad durante un período de tiempo específico.	El costo real de todo el trabajo. Completado hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de los datos.		
BAC	Presupuesto en Terminación	La suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a realizar.	El valor del trabajo total planificado, la línea de base de costos del proyecto.		
CV	Variación del costo	El monto del déficit presupuestario o excedente en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real.	La diferencia entre el valor de trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de los datos y el costo al mismo punto en el tiempo.	$CV = EV - AC$	Positivo = Bajo costo planeado Neutral = sobre el costo planificado Negativo = Sobre el costo planeado
SV	Variación del cronograma	La cantidad por la cual el proyecto es delante o detrás de lo planeado fecha de entrega, en un punto dado en tiempo, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el valor planeado.	La diferencia entre el trabajo completado hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de los datos y el trabajo planificado para ser completado en el mismo punto a tiempo.	$SV = EV - PV$	Positivo = antes de lo previsto Neutral = A tiempo Negativo = Atrasado
VAC	Variación a la Terminación	Una proyección del monto del presupuesto déficit o superávit, expresado como diferencia entre el presupuesto a la finalización y la estimación	La diferencia de costo estimada en la finalización del proyecto.	$VAC = BAC - EAC$	Positivo = Bajo costo planeado Neutral = En el costo planificado Negativo = Sobre el costo planeado

		a la terminación.			
CPI	Índice del rendimiento del costo	Una medida de la rentabilidad de los recursos presupuestados expresada como la relación entre el valor ganado y el costo real.	Un CPI de 1.0 significa que el proyecto está exactamente dentro del presupuesto, que el trabajo realmente realizado hasta ahora es exactamente el mismo que el costo hasta ahora. Otros valores muestran el porcentaje de los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada por el trabajo realizado.	$CPI = EV/AC$	Mayor que 1.0 = bajo costo planeado Exactamente 1.0 = En el costo planeado Menos de 1.0 = sobre el costo planeado
	Índice del rendimiento del presupuesto	Una medida de la eficiencia del horario expresado como la proporción de ganado valor al valor planeado.	Un SPI de 1.0 significa que el proyecto está exactamente en el cronograma, que el trabajo realmente realizado hasta ahora es exactamente el mismo que el trabajo planeado hasta ahora. Otros valores muestran el porcentaje de los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo planeado.	$SPI = EV/PV$	Mayor que 1.0 = antes de calendario Exactamente 1.0 = según lo programado Menos de 1.0 = Atrasado
EAC	Estimación al finalizar	El costo total esperado de completar todo el trabajo expresado como la suma del costo real hasta la fecha y la estimación para completar.	Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, el EAC se puede calcular utilizando: Si se realizará el trabajo futuro a la tasa planificada, utilice: Si el plan inicial ya no es válido, utilice: Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice:	$EAC = BAC/CPI$ $EAC = AC + BAC - EV$ $EAC = AC + Botón-up ETC$ $EAC = AC + [(BAC - EV)/(CPI \times SPI)]$	
ETC	Estimación para completar	El costo esperado para terminar todo el trabajo restante del proyecto.	Suponiendo que el trabajo avanza según el plan, el costo de completar el trabajo autorizado restante se puede calcular utilizando: Vuelva a estimar el trabajo restante de abajo hacia arriba.	$ETC = EAC - AC$ $ETC = Reestimar$	
TCPI	Para completar el índice de rendimiento	Una medida del desempeño de costos que se debe lograr con los recursos restantes para cumplir con una meta de gestión específica, expresada como la relación entre el costo para terminar el trabajo	La eficiencia que debe mantenerse para completar el plan. La eficiencia que se debe mantener para completar la EAC actual.	$TCPI = (BAC - EV)/(BAC - AC)$ $TCPI = (BAC - EV)/(EAC - AC)$	Mayor que 1.0 = Más difícil de completar Exactamente 1.0 = Igual para completar Menos de 1.0 = Más fácil de completar Mayor que 1.0 = Más difícil de completar Exactamente 1.0 = Igual para completar Menos de 1.0

		pendiente y el presupuesto disponible.			= Más fácil de completar
--	--	--	--	--	--------------------------

6.1.2. Técnica del cronograma ganado (ES)

Como se ha mencionado en este documento la técnica del valor ganado tiene algunos puntos a mejorar, sobre todo en lo que tiene que ver con su precisión y el entendimiento de sus proyecciones, a continuación, se hace un análisis de la técnica del cronograma ganado, la cual toma como elementos base los valores de la técnica del valor ganado, para convertirlos en valores de tiempo.

El cronograma ganado es un método bastante nuevo para analizar el desempeño del horario; Es una aplicación derivada de datos de Gestión del Valor Ganado (EVM). Creado hace años, el método se ha propagado a varios países y se ha utilizado para diversos tipos de trabajo que abarcan una amplia gama de tamaños de proyectos. Durante este período de la infancia, puede haber surgido una percepción errónea de que ES solo es aplicable al proyecto total y, por lo tanto, está limitado para el análisis del rendimiento del cronograma. Como se ha mostrado en el artículo, "Conectando el Valor Ganado al Programa", ES se puede usar para mucho más. Facilita la capacidad de identificar restricciones, impedimentos y la posibilidad de retrabajo a nivel de tarea. Esta información es muy útil para fines de gestión. Usando esta capacidad, el gerente de proyecto puede analizar el rendimiento del

cronograma en prácticamente cualquier nivel deseado: cuentas de control, paquetes de trabajo y actividades de ruta crítica. (Lipke, 2006, p. 1).

La técnica del cronograma ganado (ES) es tratada o desarrollada principalmente por: (Lipke, s. f.) y (Henderson, s. f.), en 3 diferentes artículos, pero es mejorada o procesada por 2 diferentes autores, que crean sus propias versiones de dicha técnicas, pero su tratamiento matemático es muy similar, por lo cual para este estudio se va a tomar como una única técnica llamada el cronograma ganado (ES), el paralelo de dicha técnica se puede ver en la imagen 6.

Baseline	Anbari [1]		Jacob [6]		Lipke ^a	
	SAC	Schedule at completion	PD	Planned duration	PD	Planned duration
Status of the project	PVRate	Planned value rate	ED	Earned duration	ES	Earned schedule
	AT	Actual time	AD	Actual duration	AT	Actual time
	SPI	Schedule performance index	SPI	Schedule performance index	SPI(t)	Schedule performance index time
	SV	Schedule variance	SV	Schedule variance	SV(t)	Schedule variance time
	TV	Time variance	-	-	-	-
	CR	Critical ratio	-	-	SCI(t)	Critical ratio time
At completion indicator	$TEAC = AT + TETC$		$EDAC = AD + UDR$		$EAC(t) = AT + PDWR$	
	TETC	Time estimate to complete	UDR	Unearned duration remaining	PDWR	Planned duration for work remaining
	TEAC	Time estimate at completion	EDAC	Estimate of duration at completion	EAC(t)	Estimate at completion time
	-	-	-	-	$IEAC(t) = AT + PDWR/PF$	Independent estimate at completion time
Assessment indicator	-	-	TCSPI	To complete schedule performance index	SPI(t) to go ^b	To complete schedule performance index for PD
	-	-	-	-	To complete SPI(t) ^c	To complete schedule performance index for latest revised schedule (LRS)

Imagen 5: Comparativo variables del cronograma ganada. Tomada de. (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006, p. 12).

A continuación, se ilustran las fórmulas y variables que conforman la técnica del cronograma ganado:

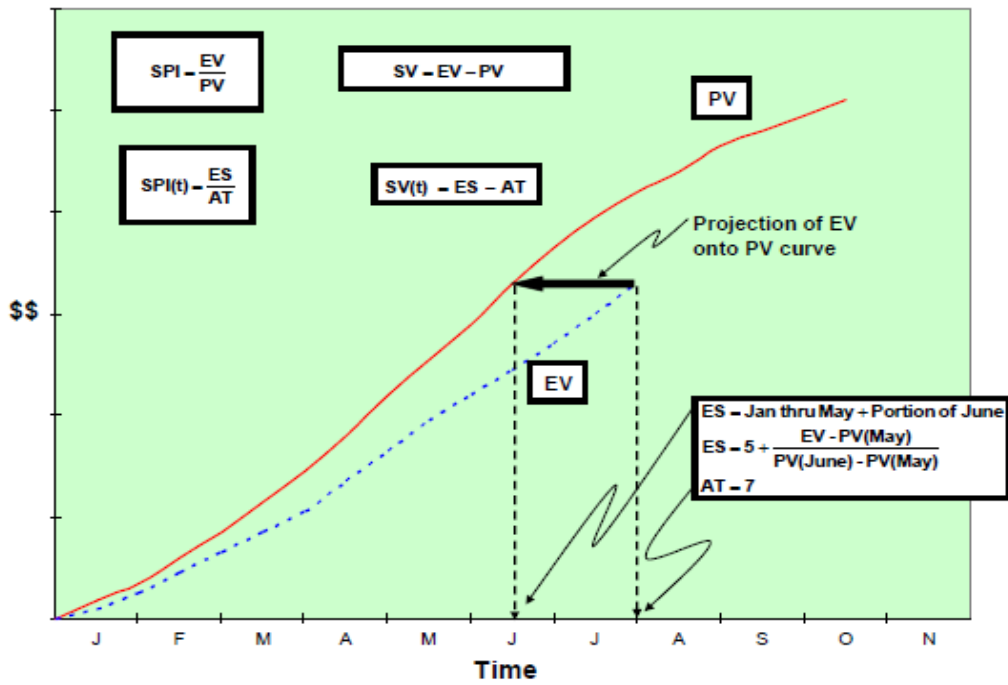


Imagen 6: Concepto de la técnica del cronograma ganado, Tomada de. (Lipke, s. f., p. 2).

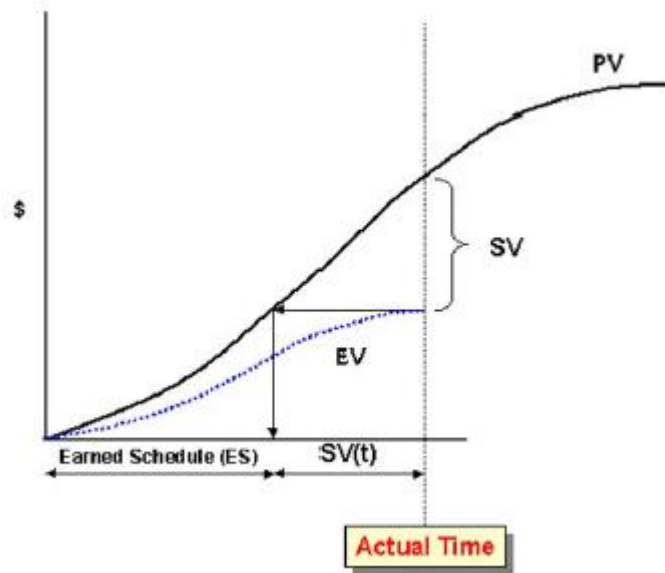


Imagen 7: Comparativo técnica de valor ganado vs técnica del cronograma ganado, Tomada de. (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006, p. 2).

En las imagen 6 se tiene un ejemplo practico de las formulas del cronograma ganado, que simplemente se basa en las formulas de relación de triángulos, en dicha grafica se puede ver como se parte de la variable costos, la cual es convertida en unidades de tiempo, en la imagen 7, se muestra la diferencia principal que hay entre la variable SV(\$), que esta en unidades de costos y la misma variable SV(\$) en unidades de tiempo.

Cronograma ganado (ES):

ES se interpreta como el momento en el tiempo en el que la cantidad de valor ganado debería haberse logrado, es decir, en unas coordenadas (X, Y) es el momento en cual nos encontramos según el trabajo conseguido.

Para superar las deficiencias de la técnica EVM, Walt Lipke introdujo la técnica Horario Ganado (ES) en 2003. En este método, en lugar de utilizar los costos para medir el rendimiento del cronograma, se utiliza el tiempo. El valor ganado en un momento dado se convierte a su duración equivalente requerida para lograr ese valor planificado. Los indicadores de cronograma del concepto de cronograma ganado se comportan adecuadamente durante el período completo de ejecución del proyecto. (Mareels & Martens, 2019, p. 9).

Fórmula:

$$ES(t) = t + \frac{(EV - PVt)}{(PV(t + 1) - PVt)}$$

Valor ganado (EV):

Es una instantánea del progreso del trabajo en un momento dado, en términos de costos.

Fórmula:

$$EV = \%Completado \times BAC$$

Valor planeado (PVt):

Es el valor planificado en el momento actual.

Valor planeado (PVt+1):

Es el valor planificado que cumpla la siguiente condición.

$$EV \geq PVt \text{ y } EV < PVt + 1$$

Tiempo (t):

Es el mes, semana, día, etc., en el cual se encuentra EV.

Tiempo actual (AT):

“Tiempo real a la fecha de recopilación de datos del proyecto”.(de Andrade et al., s. f., p. 69).

Índice de rendimiento del cronograma (SPIt):

Es el símil del índice de rendimiento del valor ganado, pero este es calculado basado en el cronograma.

Fórmula:

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

Variación del cronograma (SVt):

Es el símil de la variación del cronograma de la técnica de valor ganado, pero este es calculado basado en el cronograma.

Fórmula:

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

Proyecciones:

Al igual que en la técnica del valor ganado en esta técnica cronograma también es posible llevar a cabo proyecciones del proyecto, pero estas basadas en tiempo, lo cual la hace por lo menos más comprensible para el ojo no experto que lea un informe de avance de proyectos.

Estimación para completar (EAC):

Es el tiempo en el cual se calcula sea completado todo el trabajo remanente del proyecto, para efectos de este trabajo y como ya se mencionó esta técnica tiene tres autores, vamos a basar las proyecciones en el trabajo realizado por el autor (Lipke, s. f.).

Fórmulas:

a.

$$EAC(t) = AD + (PD - ES)$$

Esta fórmula asume que el trabajo va a ser completado en el tiempo planeado, es decir que $PF = 1$.

b.

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

En esta fórmula tiene en cuenta el rendimiento del cronograma y que este afecta la estimación para finalizar, es decir $PF = SPI(t)$

c.

$$EAC(t) = AD + \frac{(PD - ES)}{SCI(t)}$$

Esta fórmula tiene en cuenta la tendencia de la variable $SCI(t) = SPI(t) \times CPI$ y que esta influye en la estimación.

Para ilustrar de una mejor forma la fórmula del cronograma ganado pueden observar las gráficas siguientes y el ejemplo de aplicación:

Ejemplo: Aplicación técnica del cronograma ganado.

A continuación, se hizo un ejercicio con la técnica del cronograma ganado, en la cual llevo a cabo los cálculos necesarios para ilustrar la técnica y lo que se puede lograr con la misma.

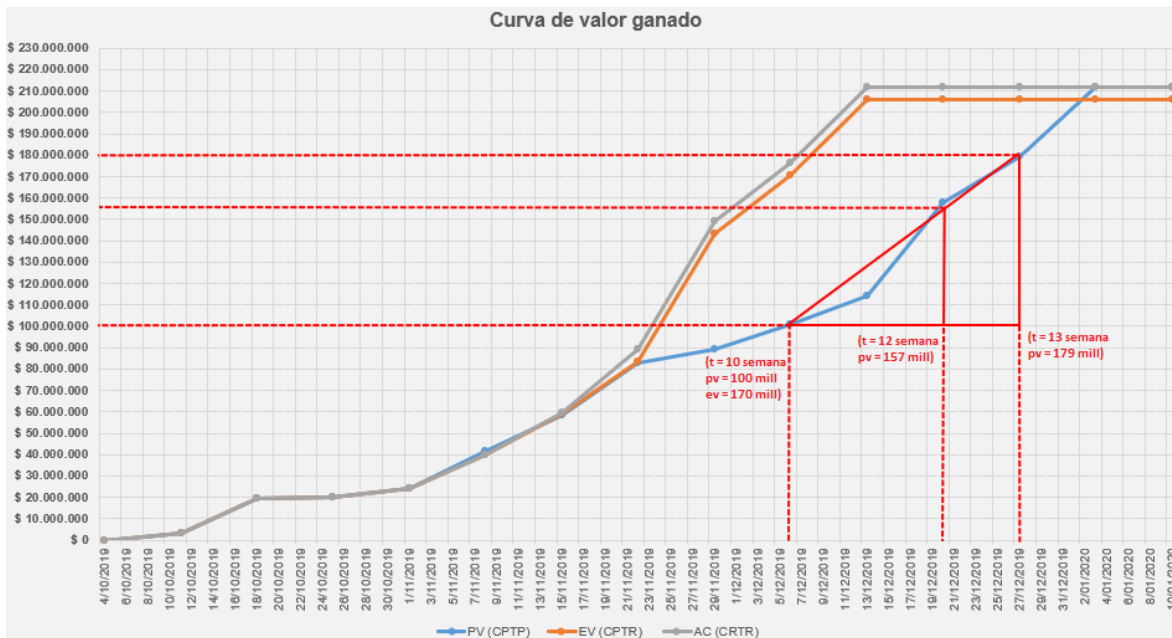


Imagen 8: Ejemplo aplicación técnica cronograma ganado (ES).

En estos proyectos se llevaron a cabo cortes cada semana, para la semana del 6 de diciembre, se validó cual era el avance real:

PV = 100.000.000 COP

PV(t+1) = 179.332.463 COP

Nota: Cabe resaltar que se debe encontrar un valor de duración (t) que cumpla la siguiente condición.

$$t = EV \geq PVt \text{ y } EV < PVt + 1$$

$$ES(t) = t + \frac{(EV - PVt)}{(PV(t + 1) - PVt)}$$

EV = 170.782.865 COP

¿**ES(t)** = ?

$$ES(t) = 12 + \frac{(170.782.865 - 100.000.000)}{(179.332.463 - 100.000.000)}$$

ES(t) = 12.89 semana

R/ Para el siguiente valor de EV (170 millones COP) debemos estar en la semana (12.89) en tiempo.

Semana	9	10	11	12	13	14	15
Fecha	29/11/2019	6/12/2019	13/12/2019	20/12/2019	27/12/2019	3/01/2020	10/01/2020
PV (CPTP)	\$ 89.092.329	\$ 100.820.373	\$ 113.939.791	\$ 157.998.424	\$ 179.332.463	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126
EV (CPTR)	\$ 143.534.606	\$ 170.782.865	\$ 206.104.718	\$ 206.104.718	\$ 206.104.718	\$ 206.104.718	\$ 206.104.718
AC (CRTR)	\$ 149.262.014	\$ 176.510.273	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126
SPI=(CPTR/CPTP)	1,61	1,69	1,81	1,30			
CPI=(CPTR/CRTR)	0,96	0,97	0,97	0,97			
SV	54.442.277	69.962.492	92.164.927	48.106.294			
VC	(5.727.408)	(5.727.408)	(5.727.408)	(5.727.408)			
EAC	\$ 220.284.785	\$ 218.936.170	\$ 217.718.692	\$ 217.718.692			
ETC	\$ 71.022.770	\$ 42.425.897	\$ 5.886.566	\$ 5.886.566			
TCPI	0,96	0,97	0,97	0,97			
ES (t)	11,79	12,89	13,94	13,89			
SV (t)	2,79	2,89	2,94	1,89			
SPI (t)	1,31	1,29	1,27	1,16			
EAC (t)	11,5	11,6	11,8	13,0			
ETC (t)	3	3	2	2			
TSPI (t)	0,53	0,42	0,26	0,37			

Imagen 9: Comparativo técnica valor y cronograma ganados.

6.1.3. Técnica de la duración ganada (EDM)

A continuación se va a finalizar el capítulo de la búsqueda de las técnicas más útiles para proyectos en ambientes industriales, de los cuales no se tengan todos los valores necesarios requeridos para el seguimiento y control de proyectos, con la técnica de la duración ganada, de la cual se comenzó a hablar desde el año 2013 tiene como punto a favor utilizar una unidad de medida como el tiempo que es una variable que todas las personas reconocen su magnitud y por ende genera información rápida para quien no es un verdadero experto en la gestión de proyectos, adicional a esto es generalizado que la duración de los proyectos es una variable que en muchas

ocasiones es más valiosa para los cargos directivos que el mismo costo de los proyectos.

Se busca otra técnica tratando complementar el vacío que dejan las otras dos técnicas al no conocer los costos unitarios o globales de las actividades, más aún en todos los proyectos se llevan a cabo tareas, en las cuales no es prudente valorar las mismas, como por ejemplo las actividades de seguimiento y control de los mismos, búsqueda de información técnica, reuniones, contrataciones de servicios, contratos, ingeniería, diseño de soluciones, etc., se trata de no adicionar costos a estas actividades ya que perturbarían el presupuesto global del proyecto y sus respectivos análisis, por ende se busca otra técnica que apoye las otras dos ya conocidas (ES y EVM) para que desde el inicio de los proyectos se lleven a cabo mediciones de desempeño y proyecciones de los proyectos.

Como nos lo mencionan los dos principales autores de la técnica de la duración ganada, (Khamooshi & Golafshani, s. f.), la técnica basada en la duración de los proyectos no ha sido abordada ni desarrollada ampliamente, esto debido al dominio de la variable costo con la técnica (EVM), la cual es ampliamente utilizada y probada su eficacia para el seguimiento y control de los proyectos, al ser la variable dominante el costo surge una duda cuando no se tienen los costos que se puede, es por esto y por la importancia que tiene en los proyectos la duración del mismo, en este trabajo se desarrolla dicha técnica, con la cual se pretenden llenar algunos vacíos que dejan las técnicas basadas en costos.

Para sumar a la interpretación de la técnica de la duración ganada, los autores antes mencionados hacen una definición de dos niveles micro y macro, para ambos niveles se evalúan las variables que componen la técnica, pero debido a la gran cantidad de las mismas y haciendo énfasis en alivianar la carga de trabajo de las oficinas de proyectos, las cuales cuentan con poco tiempo para estos análisis, se ha decidido para este texto trabajar con las duraciones totales, es decir el nivel macro de los análisis.

A continuación, se ilustran las fórmulas y variables que conforman la técnica de la duración ganada:

Duración total planeada (TPD):

Se expresa como la suma de todas las duraciones planeadas de las actividades en un tiempo dado.

Fórmula:

$$TPD = \sum_{i=1}^n PDi$$

Duración total ganada (TED):

Se expresa como la suma de todas las duraciones ganadas de las actividades en un tiempo dado.

Fórmula:

$$TED = \sum_{i=1}^n EDi$$

Duración ganada (EDt):

Corresponde a la Duración total ganada (TED) en Curva S de duración total planificada.

Fórmula:

Donde el $TED \geq TPDt$ y $TED < TPDt + 1$

$$ED(t) = t + \frac{TED - TPD}{TPDt + 1 - TPDt} \times 1(\text{unidad calendario})$$

Debido a que el software que se emplea para el seguimiento y control de los proyectos por ahora no está programado para manejar esta técnica, se tienen las siguientes fórmulas que apoyan el cálculo del ED(t).

Índice de progreso de la actividad i (APIi):

Mide el progreso de la actividad basándose en la (EDTCi) estimación del tiempo que hace falta para terminar el trabajo de la actividad.

Fórmula:

$$APIi = \frac{ADi}{ADi + EDTCi}$$

Duración ganada para la actividad i (EDi):

Es el valor del trabajo realizado expresado como proporción de la duración aprobada asignada a ese trabajo, para la actividad i (por ejemplo, días). Esta variable para EDM es la contraparte de duración o equivalente a EV de una actividad en EVM.

Fórmula:

$$EDi = \frac{BPDi}{APIi}$$

Duración total actual (TAD):

Se expresa como la suma de todas las duraciones actuales en un tiempo dado.

Fórmula:

$$TAD = \sum_{i=1}^n ADi$$

Índice de la duración ganada (EDI):

Es una medida basada en la duración del trabajo general realizado en términos de duración ganada, en comparación con el trabajo planificado hasta ese momento.

Fórmula:

$$EDI = \frac{TED}{TPD}$$

Índice de rendimiento de la duración (DPI):

Representa el rendimiento general del progreso del cronograma hacia la finalización del proyecto. En otras palabras, muestra qué tan bien le está yendo al proyecto para lograr el objetivo final.

Fórmula:

$$EDI = \frac{ED(t)}{AD}$$

Proyecciones:

Al igual que en las técnicas del valor ganado cronograma ganado en la técnica de la duración ganada también es posible hacer proyecciones.

Duración estimada para finalizar (EDAC):

Se define como el tiempo en el cual se estima que se terminen las actividades del proyecto. Se utilizará la fórmula expuesta por Khamoshi y Golafshani, dado que esta tiene en cuenta el buen o mal desempeño del indicador de tiempo, adicional a esto es una medida comparativa entre los otros dos métodos de seguimiento y control de proyectos expuestos en este trabajo, los cuales utilizan la misma fórmula, teniendo en cuenta sus respectivos índices de desempeño.

Fórmula:

$$EDAC = \frac{BPD}{DPI}$$

Para la mejor comprensión de la técnica de la duración ganada, tenemos la siguiente gráfica, en la cual se ilustran las diferentes variables que hacen parte de dicha técnica.

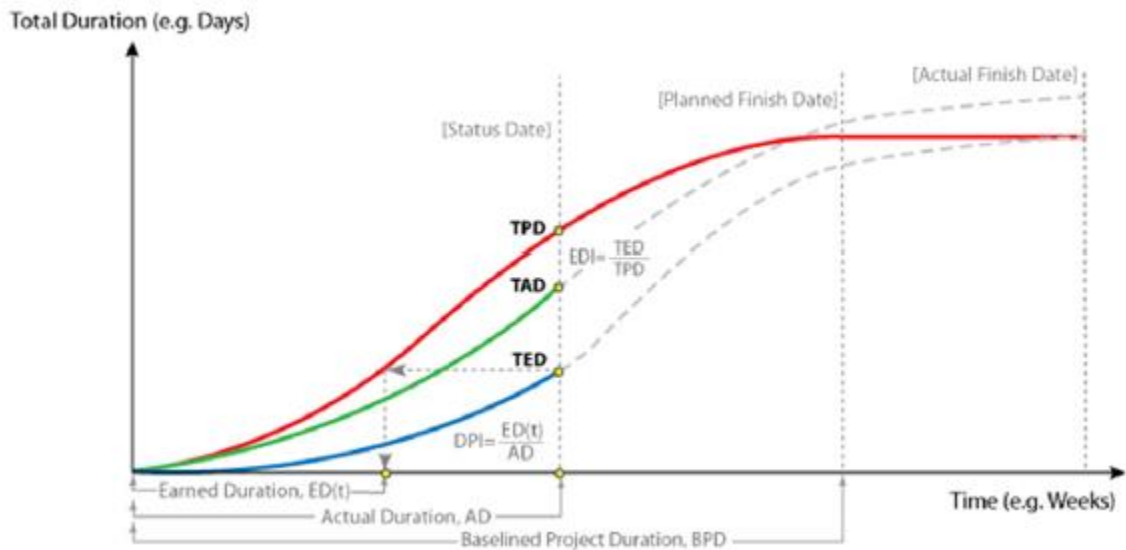


Imagen 10: Conceptos gráficos de EDM, Tomada de. (Khamooshi & Golafshani, s. f., p. 10).

Ejemplo: Aplicación de la técnica de la duración ganada. Para efectos de un entendimiento rápido de la técnica, esta se aplica de la misma forma del cronograma ganado, para esto pueden hacer un comparativo de las fórmulas de $ES(t)$ y $ED(t)$, las cuales son similares y se basa en las relaciones de triángulos para conocer los valores desconocidos, la imagen 14 es un ejemplo desarrollado por los autores de la técnica. (Khamooshi & Golafshani, s. f.) y se intenta con este ilustrar el cálculo de los componentes de la técnica.

Work day	EV	PV	AC
1	17,143	17,143	17,143
2	34,286	34,286	34,286
3	51,429	51,429	51,429
4	68,571	68,571	68,571
5	87,714	87,714	87,714
6	106,857	106,857	106,857
7	126,000	126,000	126,000
8	138,000	140,500	138,000
9	150,000	155,000	150,000
10	162,000	169,500	162,000
11	174,000	184,000	174,000
12	186,000	198,500	186,000
13	198,000	213,000	198,000
14	210,000	227,500	210,000

Imagen 11: Ejemplo de aplicación de la formula ED(t), Tomada de. (Khamooshi & Golafshani, s. f., p. 5).

La imagen 11, muestra de forma simple como se lleva a cabo el cálculo del tiempo en la técnica EDM, la cual debe cumplir la siguiente regla. $TED \geq TPDt$ y $TED < TPDt + 1$

6.2. Técnicas más útiles para el seguimiento y control de proyectos en el sector industrial.

Para el desarrollo de este objetivo se revisó la documentación sobre las técnicas más utilizadas para el seguimiento y control de proyectos, ya sea en el ámbito

gubernamental como industrial, de donde se tiene poca información, esto debido al recelo de las compañías a mostrar información de su desempeño.

Debido a las dificultades en la interpretación la técnica de valor ganado (EVM) por estar basada en costos, varios autores como ya se mencionó anteriormente han trabajado en otras formas que generar información con las variables de costos, dicha técnica es la llamada del cronograma ganado (ES), la cual utiliza la fortaleza y facilidades de la técnica de valor ganado para convertir dichos valores a tiempo, los cuales son de fácil interpretación y uso generalizado por todas las personas, los cuales no necesariamente deben conocer a profundidad la metodología de la gerencia de proyectos, para interpretar cuan bien o mal se están desarrollando los proyectos en las organizaciones.

Las dos técnicas anteriores aunque como e ha mencionado no son nuevas, estas no han sido utilizadas para la generación de información útil de los proyectos en la empresa objeto de estudio por varios motivos: desconocimiento de las técnicas, inversión de tiempo para la implementación, poca formación técnica de los gerentes de proyectos, bajo apoyo directivo para la implementación de dichas técnicas y sobre todo no se ha encontrado en ellas un método valido para el seguimiento y control de proyectos de tipo industrial, por esto y por la precisión que genera tener una técnica basada en tiempo, el cual como ya se menciona es una dimensión que es fácilmente interpretada por cualquier persona y que genera una interpretación rápida de cómo va el proyecto.

Para llevar a cabo esta investigación se le aplicaron las técnicas (por sus siglas en inglés: EVM, ES y EDM), en 3 proyectos del sector industrial desarrollados entre finales del año 2019 y mediados del 2020, en la compañía objeto de estudio.

Adicional a lo anterior se decidió clasificar los proyectos en el sector industrial en 3 categorías:

- Proyectos donde se conocen los costos unitarios de las actividades.
- Proyectos de investigación llevados a cabo por personal de la compañía.
- Proyectos combinados, es decir estos en los cuales se llevan a cabo muchas actividades por parte del grupo de proyectos y cualquiera de los 2 primeros.

Esta clasificación es de vital importancia ya que como se ha mencionado según las teorías para el seguimiento y control de proyectos todas estas aplican para cualquier tipo de proyectos, pero en la práctica estas aplican a cierto grupo de proyectos, es así debido a que en los ejemplos desarrollados para dar validez a las teorías, estas se aplican a proyectos de gran magnitud y que en general son desarrollados en corporaciones gubernamentales en las cuales por su constitución es necesario tener los costos de las actividades muy detallados, lo que facilita el trabajo de dichas teorías, ya que se pueden aplicar todas a dichos proyectos, lo otro que se pudo notar en los ejemplos de dichas teorías es que en se aplican a dos áreas del conocimiento: proyectos de ingeniería civil y proyectos de informática. Y ocurre lo mismo que en el ámbito gubernamental, ya en ambas ramas de la ingeniería se conocen al detalle los costos asociados a cada actividad, lo cual no es el caso para los proyectos desarrollados en el ámbito industrial, ya que en el común de los casos no se conocen

en gran medida los costos de cada actividad, es decir se desarrollan los 3 tipos de proyectos descritos anteriormente, con lo cual no se le puede aplicar una teoría al general de todos los proyectos, el estudio nos conduce a que en el mejor de los casos se le deben aplicar dos de las tres teorías definidas también anteriormente.

6.2.1 Proyecto de protección eléctrica.

Este fue un proyecto desarrollado para la protección ante descargas atmosféricas de una unidad industrial, se desarrolla basado en un estudio llamado SIPRA (sistema de protección integral contra descargas atmosféricas) el cual definió varias tareas para llevar a cabo la protección de la unidad industrial, las cuales van desde la ubicación de pararrayos hasta la instalación de varios dispositivos conocidos como DPS (Protector contra sobre tensiones transitorias), este proyecto por su costo en 3 fases, realizando la primera en el año 2019.

Debido a que en este proyecto se tenía un desarrollo previo, como el estudio mencionado SIPRA, el cual define las cantidades de obra y el alcance técnico del proyecto, se clasifica este como “un proyecto donde se conocen los costos unitarios de las actividades”, paso a seguir se define como la técnica más apropiada para el seguimiento y control del proyecto, la del valor ganado (EVM).

Para el seguimiento y control del proyecto se define la curva “S” de los costos, la cual define la tendencia y fechas específicas de los costos asociados a las actividades, adicional a esto se define como fechas de corte los viernes de cada semana, esto debido a que no hay una regla tasita para las fechas de corte de las actividades, definí como esta periodicidad de corte debido a que según las actividades del proyecto este

debería tardar 4 meses, por lo cual no es practico tener fechas de corte mayores a 1 semana, para no perder el control del proyecto.

Para la construcción de la curva “S” Tenemos los costos asociados a cada actividad y el tiempo que tardan, para esto se tiene las variables “PV”, “AC” y “EV”.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fecha	4/10/2019	11/10/2019	18/10/2019	25/10/2019	1/11/2019	8/11/2019	15/11/2019	22/11/2019	29/11/2019	6/12/2019	13/12/2019	20/12/2019	27/12/2019	3/01/2020	10/01/2020	17/01/2020
PV (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.035.217	\$ 41.657.372	\$ 58.555.027	\$ 82.973.377	\$ 89.092.329	\$ 100.820.373	\$ 113.899.791	\$ 157.998.424	\$ 179.332.463	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126
EV (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.126.627	\$ 39.599.753	\$ 59.273.858	\$ 83.551.510	\$ 143.534.606	\$ 170.782.065	\$ 206.104.719	\$ 206.104.719				
AC (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 23.892.806	\$ 39.599.753	\$ 59.382.018	\$ 89.118.217	\$ 149.262.014	\$ 176.510.273	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126				

Imagen 12: Tabla de variables. PV, AC y EV.



Imagen 13: Curva S. Proyecto SIPRA.

Luego de la construcción de la curva “S” y sabiendo ya como va a ser el comportamiento de los costos de las tareas asociadas al proyecto, se da inicio al proyecto y a los cortes de obra.

Semana	1	2	3	4	5
Fecha	4/10/2019	11/10/2019	18/10/2019	25/10/2019	1/11/2019
PV (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.035.217
EV (CPTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.126.627
AC (CRTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 23.892.806
SPI=(CPTR/CPTP)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CPI=(CPTR/CRTR)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01

Imagen 14: Seguimiento proyecto SIPRA.

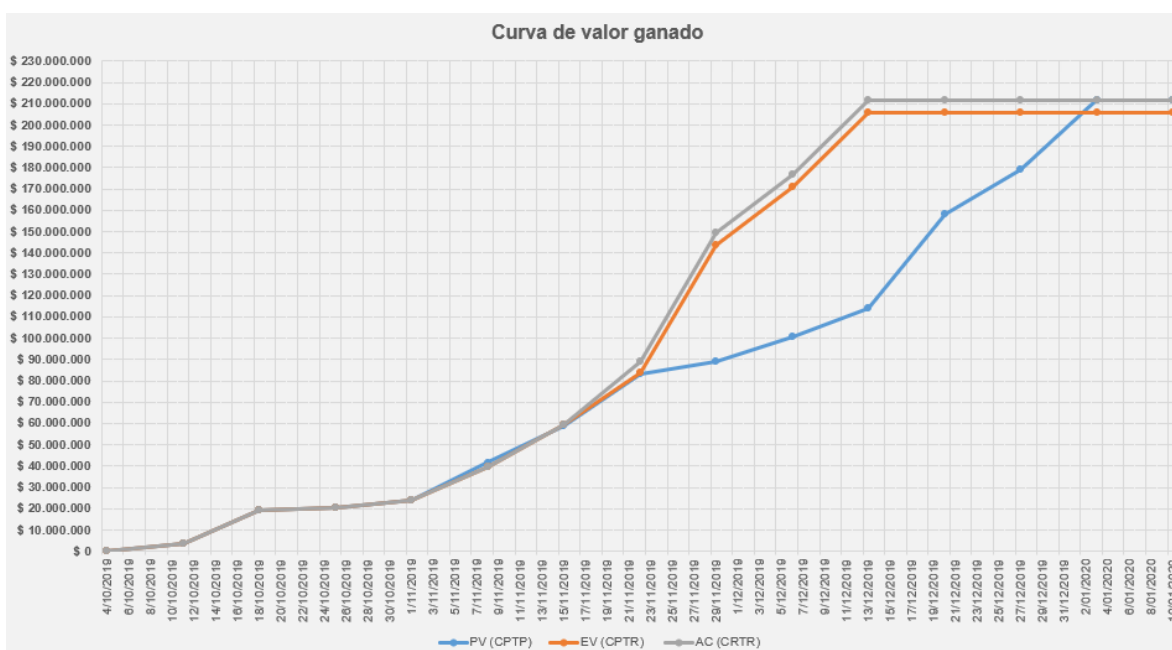


Imagen 15: Curva "S" con "AC" y "EV".

En las imágenes 14, 15 y 16 se da un ejemplo de cómo se lleva a cabo el seguimiento y control de este proyecto basado en la técnica del valor ganado, se da un corte para entendimiento en la semana 5, porque es en ella es donde nos damos cuenta de un error de cantidades en la licitación, por lo cual se va a incrementar el costo del proyecto, por ende se tiene una reunión con el sponsor del proyecto y se le presenta una alternativa para que el impacto en el cronograma y el costo no sean muy

elevados (> 5%), por lo cual se crea una nueva línea base para el control del proyecto, iniciando está en la semana 6.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	4/10/2019	11/10/2019	18/10/2019	25/10/2019	1/11/2019	8/11/2019	15/11/2019	22/11/2019
PV (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.035.217	\$ 41.657.372	\$ 58.555.027	\$ 82.373.377
EV (CPTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.126.627	\$ 39.599.753	\$ 59.273.858	\$ 83.551.510
AC (CRTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 23.892.806	\$ 39.599.753	\$ 59.382.018	\$ 89.118.217
SPI=(CPTR/CPTR)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,01	1,01
CPI=(CPTR/CRTR)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	0,998	0,94
SV	-	-	-	-	91.410	(2.057.619)	718.831	578.133
VC	-	-	-	-	233.820	-	(108.160)	(5.566.707)
EAC	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 209.779.180	\$ 211.832.126	\$ 212.218.667	\$ 225.345.663
ETC	\$ 211.832.126	\$ 208.411.646	\$ 192.494.955	\$ 191.569.515	\$ 185.886.374	\$ 172.232.373	\$ 152.836.649	\$ 136.827.446
TCPI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	0,94
ES (t)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,01	5,12	7,03	8,09
SV (t)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,88	0,03	0,09
SPI (t)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00	1,01
EAC (t)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	17,6	14,9	14,8
ETC (t)	0	0	0	0	0	-3	0	0
TSPI (t)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	0,99

Imagen 16: Seguimiento proyecto SIPRA.

Adicional a los aportes obtenidos por la curva “S” y sus componentes, presentamos los dos principales componentes de la técnica del valor ganado (EVM) el CPI y SPI, los cuales nos ayudan a identificar las desviaciones ya sea en cronograma como en costos del proyecto, cuyos límites se definieron como. ($0.98 > CPI < 1.2$).

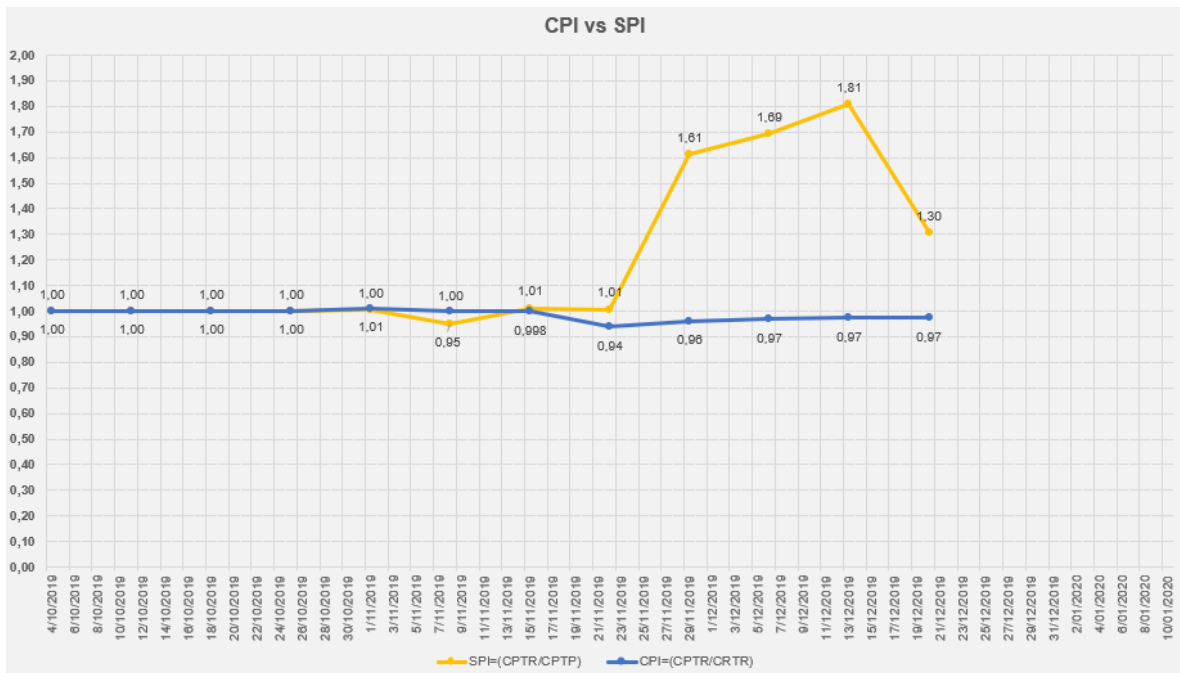


Imagen 17: CPI y SPI.

Hasta la fecha de corte de la semana 8 ver grafica 19, se pudo notar como esta técnica ha ayudado para el seguimiento y control del proyecto, pero al avanzar el proyecto se nota como las proyecciones se ven confusas para los asistentes a las reuniones, debido a que esta técnica es basada en costos, lo que hace que explicar proyecciones de tiempo basadas en costos es muy complejo, dado que se deben conocer al detalle los costos asociados al proyecto, lo cual es poco fácil para asistentes no técnicos en el gerenciamiento de proyectos y menos un gerente, el cual tiene un tiempo muy limitado y debe ver en una simple grafica o dato cómo va el proyecto.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	4/10/2019	11/10/2019	18/10/2019	25/10/2019	1/11/2019	8/11/2019	15/11/2019	22/11/2019
PV (CPTP)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.035.217	\$ 41.657.372	\$ 58.555.027	\$ 82.973.377
EV (CPTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 24.126.627	\$ 39.539.753	\$ 59.273.858	\$ 83.551.510
AC (CRTR)	\$ 0	\$ 3.420.480	\$ 19.337.171	\$ 20.262.611	\$ 23.892.806	\$ 39.539.753	\$ 59.382.018	\$ 89.118.217
SPI=(CPTR/CPTP)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,01	1,01
CPI=(CPTR/CRTR)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	0,938	0,94
SV	-	-	-	-	91.410	(2.057.619)	718.831	578.133
VC	-	-	-	-	233.820	-	(108.160)	(5.566.707)
EAC	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 211.832.126	\$ 209.779.180	\$ 211.832.126	\$ 212.218.667	\$ 225.945.663
ETC	\$ 211.832.126	\$ 208.411.646	\$ 132.494.955	\$ 191.569.515	\$ 185.886.374	\$ 172.232.373	\$ 152.836.649	\$ 136.827.446
TCPI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	0,94

Imagen 18: Demás variables del EVM.

Semana	7	8
Fecha	15/11/2019	22/11/2019
PV (CPTP)	\$ 58.555.027	\$ 82.973.377
EV (CPTR)	\$ 59.273.858	\$ 83.551.510
AC (CRTR)	\$ 59.382.018	\$ 89.118.217
SPI=(CPTR/CPTP)	1,01	1,01
CPI=(CPTR/CRTR)	0,938	0,94
SV	718.831	578.133
VC	(108.160)	(5.566.707)
EAC	\$ 212.218.667	\$ 225.945.663
ETC	\$ 152.836.649	\$ 136.827.446
TCPI	1,00	0,94
ES (t)	7,03	8,09
SV (t)	0,03	0,09
SPI (t)	1,00	1,01
EAC (t)	14,9	14,8
ETC (t)	0	0
TSPI (t)	1,00	0,99

Imagen 19: SV y VC basado en costos.

Como se puede ver en las imagen 20, hay un paralelo entre el SPI y SV, donde según el SPI estamos adelantados en el cronograma, pero en qué medida ?, entonces vemos el SV el cual nos informa que estamos adelantados en 718.831 COP, para cualquier asistente a una reunión de seguimiento de proyectos interpretar esta información tan importante es casi imposible, porque le estamos hablando de tiempo pero en unidades de costo, por lo cual se decide complementar la técnica del valor

ganado con la del cronograma ganado, la cual aunque también está basada en costos transforma el valor ganado en tiempo, lo cual es más claro para los asistentes a las reuniones, generando precisión en las interpretaciones y una realidad de golpe de cómo va el proyecto.

Semana	7	8
Fecha	15/11/2019	22/11/2019
PV (CPTP)	\$ 58.555.027	\$ 82.973.377
EV (CPTR)	\$ 59.273.858	\$ 83.551.510
AC (CRTR)	\$ 59.382.018	\$ 83.118.217
SPI=(CPTR/CPTP)	1,01	1,01
CPI=(CPTR/CRTR)	0,998	0,94
SV	718.831	578.133
VC	(108.160)	(5.566.707)
EAC	\$ 212.218.667	\$ 225.945.663
ETC	\$ 152.836.649	\$ 136.827.446
TCPI	1,00	0,94
ES (t)	7,03	8,09
SV (t)	0,03	0,09
SPI (t)	1,00	1,01
EAC (t)	14,9	14,8
ETC (t)	0	0
TSPI (t)	1,00	0,99

Imagen 20: Complemento del EVM con la técnica del ES.

Como se puede ver en la imagen 20, para cada variable de la técnica “EVM” hay un espejo en la del “ES” lo cual sirve para realizar una comparación, complementar o reemplazar una en el otro, según el tipo de proyecto y lo que se desee mostrar, es decir para el público objetivo si se basan los informes en la técnica EVM es muy complejo interpretar en términos de costos cómo va el proyecto que tanto de adelanto o retraso tiene el mismo, pero si miramos misma imagen 20 encontramos como con la técnica del cronograma ganado “ES” la variable “SV” basada en tiempo se puede decir que estamos adelantados $SV = 0.03$ unidades de tiempo, es decir, para este

proyecto para la semana 7 estamos adelantados 0.003 semanas, es decir el proyecto esta adelantado 1.2 horas de trabajo, lo cual genera una mejor interpretación del cómo vamos en el proyecto, adicional a estos las proyecciones también se pueden complementar, por ejemplo el EAC (\$) vs EAC(t), son complementarias ya que nos informan según como es el comportamiento del SPI y CPI cuanto se va a tardar el proyecto y cuánto va a ser su costo total, por ende y como una conclusión temprana estas dos técnicas sirven como complemento una a la otra.

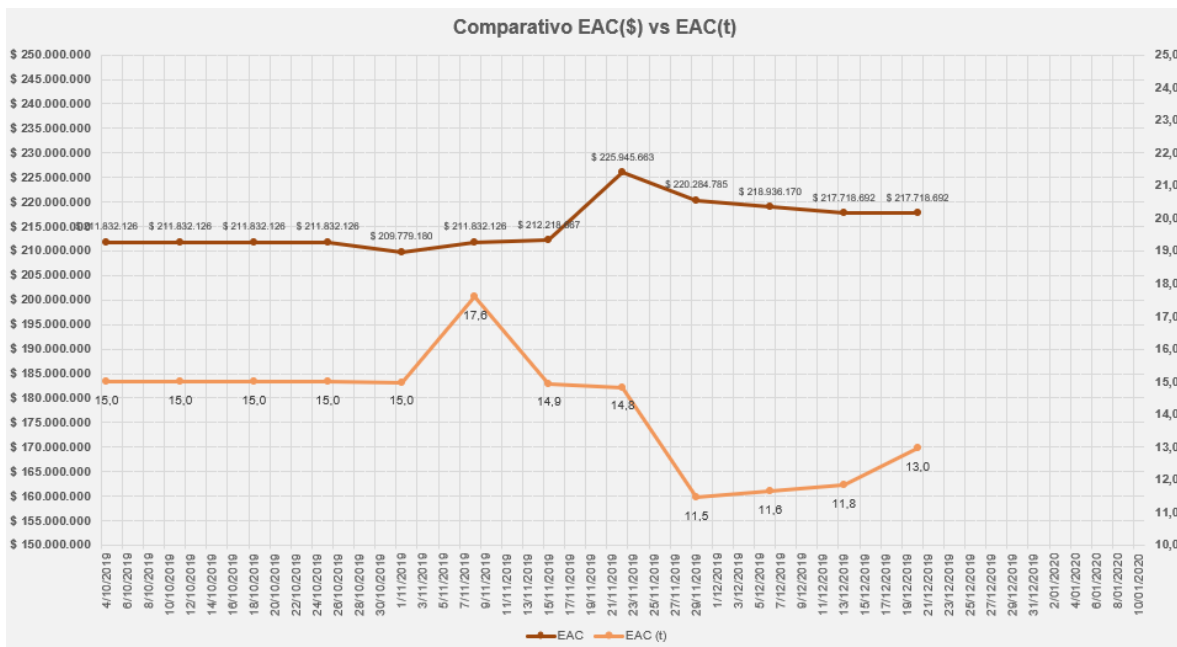


Imagen 21: Comparativo EAC (\$) vs EAC(t).

6.2.2. Proyecto migración sistema de control PLC

Este proyecto tuvo como finalidad llevar a cabo la migración del sistema de control PLC y variadores de velocidad de la línea de generación y transporte de astilla, este sistema de control tiene más de 20 años en continuo funcionamiento y su

fabricante ya no produce más esta referencia, por lo cual la planta corre el riesgo de detener su producción por no poseer piezas de recambio para su sistema de control.

Este sistema de control cuenta con un PLC central, variadores de velocidad, arranques directos, periferia descentralizada y pantalla de operación, para el control de la línea, adicional a llevar a cabo la migración a una nueva tecnología del sistema de control actual, sino mejorar el sistema de control con más variadores de velocidad para el control de flujo de astilla de la línea, instalación de fibra óptica y switch de red administrables para la mejora en la comunicación industrial de la línea, y llevar a cabo el cambio del sistema de operación HMI por un PC, que mejora la forma de operación de la línea.

Este proyecto tuvo varios retos a sortear, cuya ingeniería debió ser realizada por el grupo del departamento de proyectos, uno de los retos fue definir la topología de red para el nuevo sistema de control, la consecución y diseño preliminar de los módulos para variadores de velocidad, definir los consumibles para el montaje del sistema de control, definir los servicios que no están sujetos a la licitación, etc.

Como se puede notar este proyecto tiene varios aspectos diferentes al anterior, ya que no tienen los costos unitarios de las tareas ya que por un lado hay una licitación para el suministro de equipos del sistema control y la ingeniería para la migración, es decir, tiene un costo global y tiene unas actividades con costos unitarios para el montaje de los componentes eléctricos necesarios para la migración, esto hace que este proyecto se clasifique en el ser un proyecto combinado, por ende es complejo tratar el seguimiento y control de este por medio de la técnica del valor ganado,

debido al desconocimiento del costo unitario de cada actividad, esto hace que se defina como la técnica a utilizar sea una combinación de todas las técnicas de valor ganado definidas anteriormente, ya que una técnica complementa a la otra, para la generación de información necesaria para la toma de decisión de los sponsor del proyecto.

Para ver el por qué para el seguimiento y control de proyecto se deben unir varias técnicas se ilustra la curva “S” de los costos basados en la técnica del valor ganado, dado que si no se tendría mucho tiempo en el cual se desarrollan actividades claves para el proyecto y no se tendría información para la generación de informes de gestión.

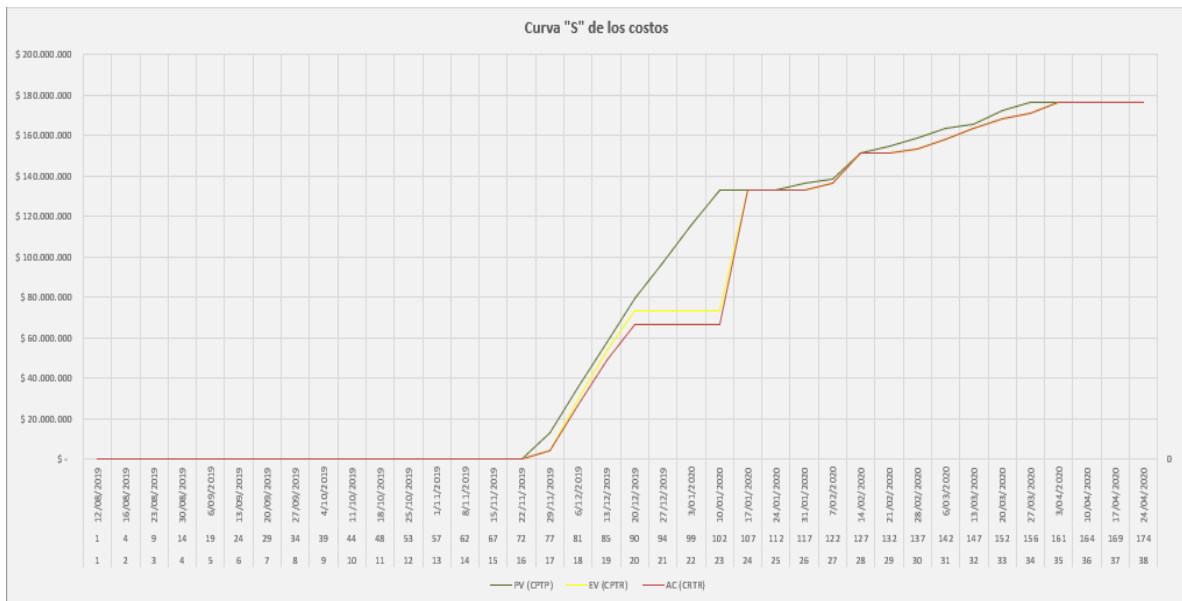


Imagen 22: Curva "S" costos migración.

Como se puede ver la imagen 22, tendríamos muy poca información para presentar a los patrocinadores cuando se presentan este tipo de proyectos, adicional a esto en esas 16 semanas en las cuales no se conoce información del estatus del proyecto, no es que no se esté llevando a cabo actividades, se están desarrollando aquellas en las cuales no hay costo asociado, es decir, actividades de compras, diseño, ingeniería, por parte del equipo de proyectos, las cuales no es practico adicionarlas como un costo al proyecto, ya que al presentar costos del proyecto se tendrían que sacar estos para tener un valor real de lo gastado por el proyecto.

Adicional a lo anterior se debe tener en cuenta lo expuesto por el estándar para el valor ganado el cual aconseja lo siguiente para el seguimiento a las tareas:

El rendimiento laboral se mide periódicamente, como semanal o mensual. El EV La técnica seleccionada para medir el rendimiento del esfuerzo discreto dependerá de su duración y el número de períodos de medición que abarca. Esfuerzos discretos que abarcan uno o dos períodos a menudo se miden con técnicas de fórmula fija, donde un porcentaje acreditado de rendimiento laboral se acredita al inicio del trabajo y el porcentaje restante se acredita al finalizar el trabajo. Esfuerzos discretos de la duración más larga (más de dos períodos) se mide con otras técnicas, que incluyen aquellos conocidos como hito ponderado y porcentaje completado (Project Management Institute, 2005, p. 10).

Type of Work/ Tasks		Characteristics	
		Tangible (Measurable)	Intangible (Nonmeasurable)
Duration	Short (1-2 Periods)	Fixed Formula Apportioned Effort	Level of Effort
	Longer (Exceeds 2 Periods)	Weighted Milestone Percent Complete Physical Measurement	

Imagen 23: Técnica del valor ganado. Tomada de (Project Management Institute, 2005, p. 33).

Measurement Methods		Key Points to Consider When Determining the Method
Discrete Effort	Fixed Formula	50/50, 25/75, 0/40/60, etc.—Using this method, work is credited for EV as soon as it starts with a specific percent. (25/75 starts with 25% being taken in the first period in which the method is used with 75% taken when work is completed). Note that the real progress is invisible, and this method can give a false sense of accomplishment. This measurement method should only be used for work that spans two or three reporting periods.
		0/100—The 0/100 method does not incrementally credit EV for partial work; therefore, the start of the work is not explicitly reported. This measurement method should only be used for work that is scheduled to start and complete within one reporting period.
	Weighted Milestone	The weighted milestone method has one or more milestones in the measurement period. Each milestone has an objective, verifiable accomplishment that is associated with it. The milestones are weighted to reflect the relative accomplishment of the milestones against the whole.
	Percent Complete	The percent complete method entails an estimate of the percent complete of the BAC at each measurement point. There should be measurable criteria associated with the percent complete measurements, or they can be subjective and inaccurate.
	Physical Measurement	The evaluation of work progress in the project work packages is related to the physical nature. Whereas testing, measurement procedures, and/or specifications should be explicit and be agreed upon in advance.
Apportioned Effort		To use apportioned effort, the project manager should have pragmatic knowledge and validated performance records to create the percentage of apportioned effort pertaining to the discrete work package.
Level of Effort		Level of effort (LOE) can be misused and distort the real progress of the project, because the PV of the LOE determines EV for each reporting period (there is never a schedule variance) no matter how much of the work is actually performed.

Imagen 24: Puntos claves para el uso del valor ganado. Tomada de (Project Management Institute, 2005, p. 34)

Esta mirada de cómo es posible caracterizar los avances de las tareas teniendo en cuenta las mismas, nos ayudan en este caso a no tener periodos muy largos sin información, pero no llena el vacío de las tareas que no están marcadas por costos en el proyecto, como lo son las del grupo de trabajo de proyectos, por ende, se decide adicionar la técnica de la duración ganada para poder tener información de duración y costos del proyecto, esta información la podemos ver en la imagen 25, la cual nos ilustra como cualquier proyecto puede ser seguido por medio del tiempo, ya que las variables que generan la curva de valor ganado, son similares a la técnica de la duración ganada, es decir, el terreno para utilizar cualquier técnica ya es conocido por muchas personas que en su quehacer diario tiene actividades en proyectos.

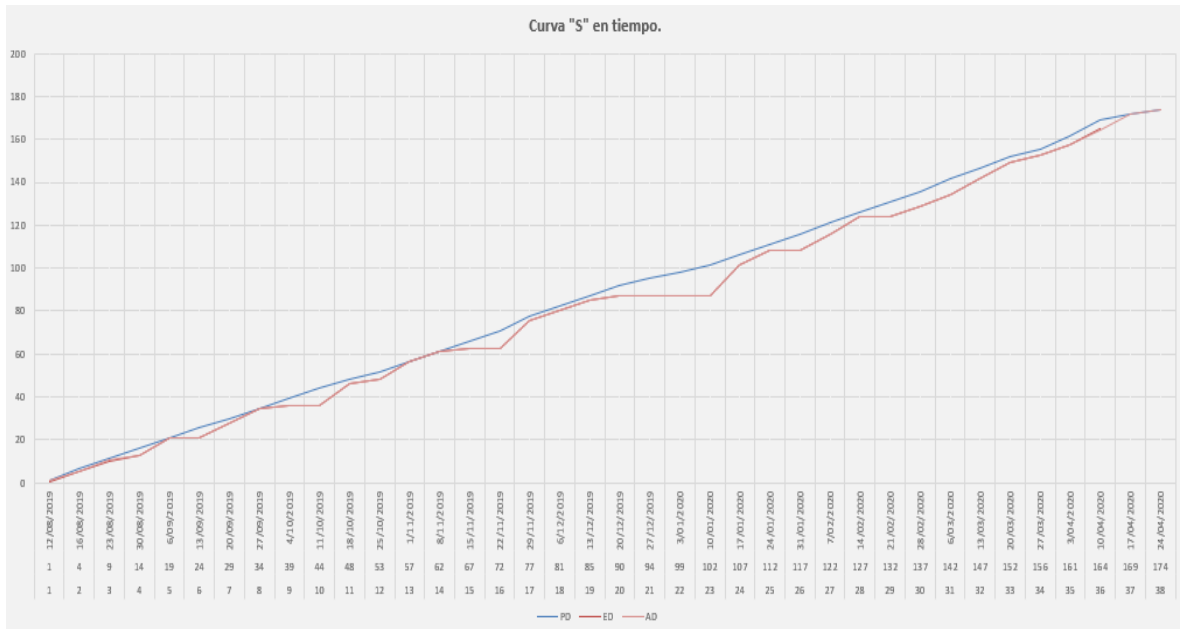


Imagen 25: Curva "S" basada en tiempo.

De las imágenes 26 y 27 se puede concluir que, al hacer seguimiento a través la técnica de la duración ganada, aunque hay actividades de entrega y programación de equipos, que tienen un peso importante en costos, y si estas tiene algún retraso afectan de un modo significativo los indicadores del proyecto, podemos ver como en la técnica de la duración ganada, la afectación se suaviza, ya que en proporción el proyecto tendría una mayor cantidad de unidades de progreso, la actualización del avance ya tiene unidades ganadas en tiempo, cuando en las técnicas basadas en costos la unidad de progreso inicia en uno y se tiene que corregir en muy corto tiempo.

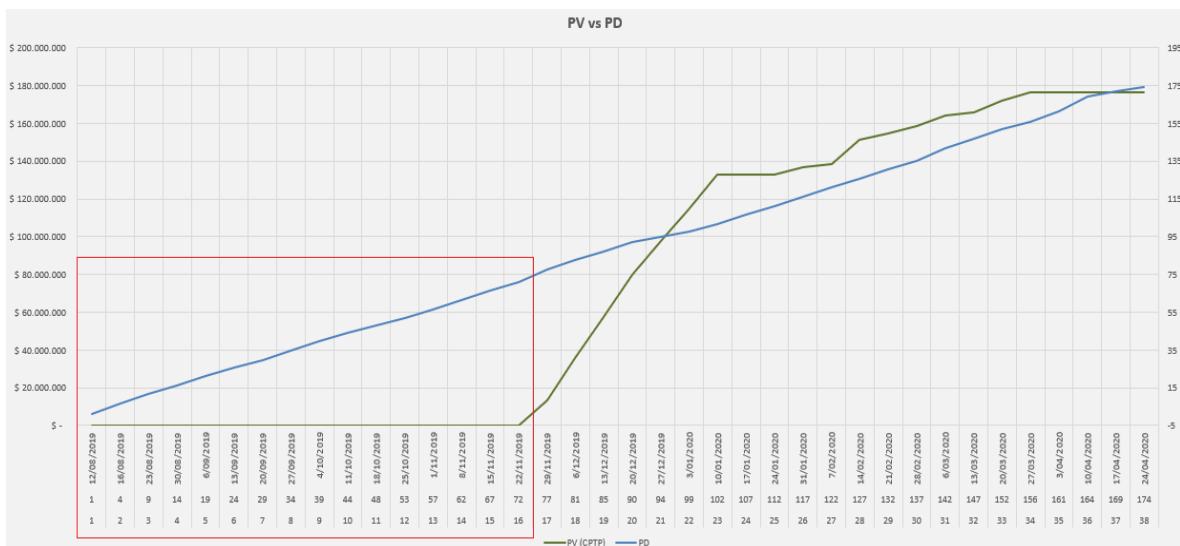


Imagen 26: Curva "S" en tiempo y costo.

En la imagen 26 se puede notar como el tiempo de las actividades llenan el vacío dejado por las actividades que poseen costo, de las cuales la más significativa es la entrega de equipos, ya que con ella se cierra un hito del proyecto y significa la factura más grande del proyecto, esto podría causar confusiones ya que se tiende a pensar que esta es la tarea más significativa del proyecto, ya que se convierte en la ruta crítica del

mismo, pero para el seguimiento y control es una tarea que no está en el control del personal de proyectos, dado que es una operación logística del contratista, por ende, lo único que se puede hacer es asegurarse de que este cumpla los plazos pactados para esta, pero no se puede frenar el proyecto por esto dado que hay actividades que corren en paralelo a esta que requieren el mismo empeño en seguimiento y control, de las cuales se debe generar información tanto para el proyecto mismo, como para los patrocinadores.

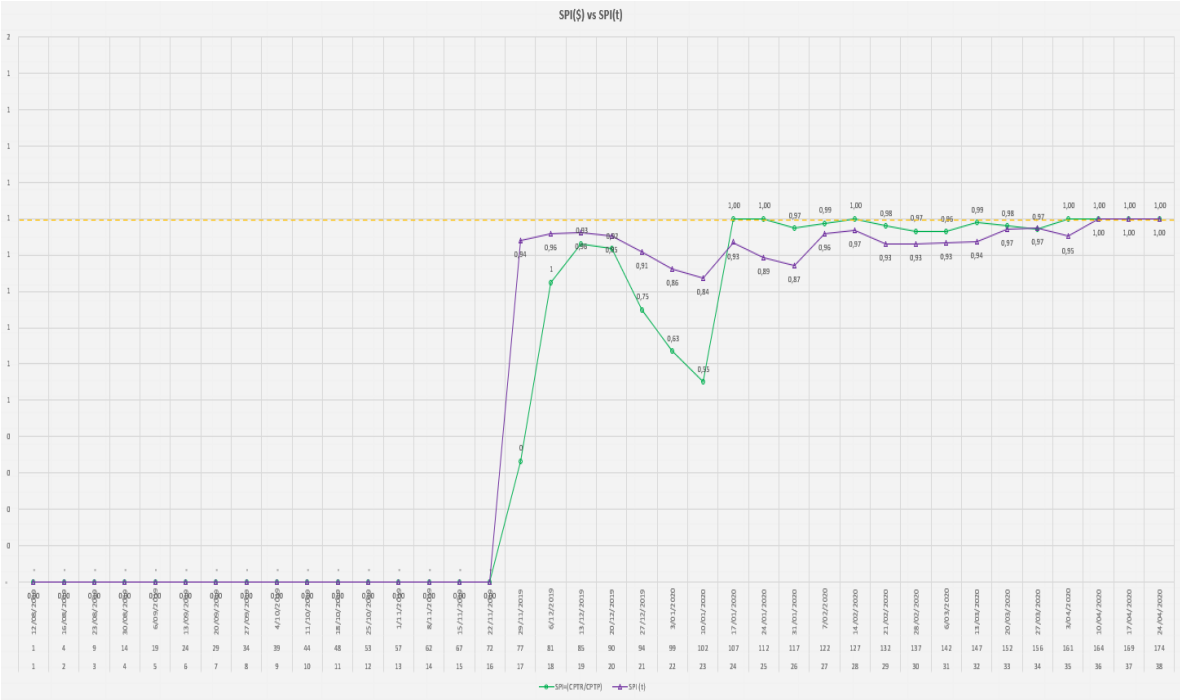


Imagen 27: Comparativo SPI (\$), SPI(t).

En la gráfica 27, se ilustra como los indicadores SPI, basados en costo dejan espacios vacíos de información para el control y seguimiento de este proyecto, debido a la falta de actividades que generen costos directamente cargados al proyecto en este

espacio de tiempo, esto como ya se ha venido hablado genera varios inconvenientes en el desarrollo del proyecto, debido a la falta de información oportuna para la toma de decisiones, por ende se decide adicionar a estas dos técnicas una tercera la llamada de la duración ganada la cual solo tiene en cuenta la duración de las actividades para la generación de información del proyecto.

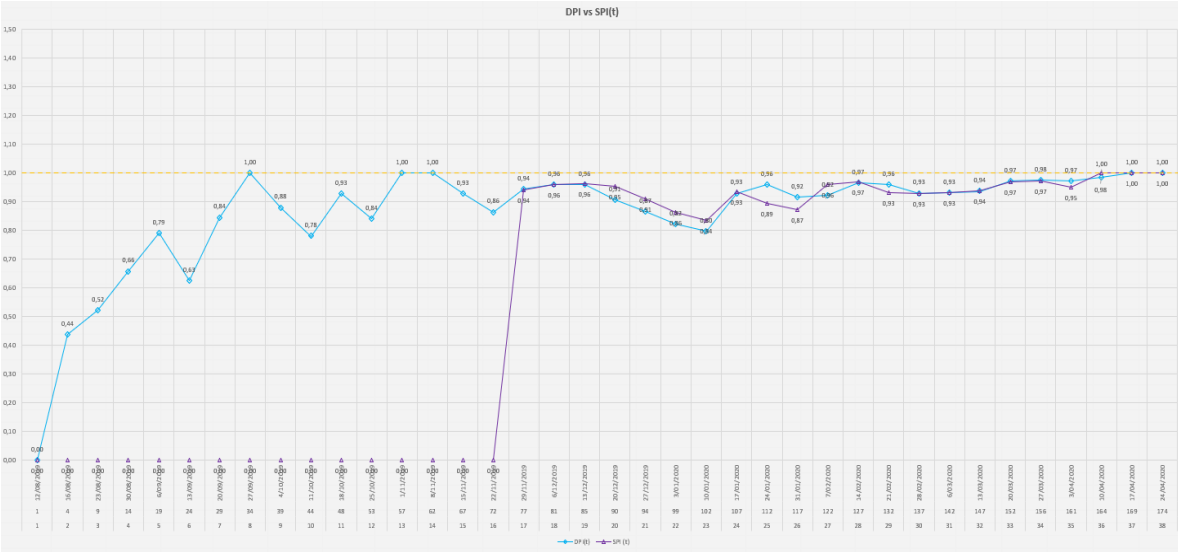


Imagen 28: SPI(t) y DPI.

La imagen 28 y 29, nos muestra como el indicador DPI de la técnica de la duración ganada complementa en los proyectos los espacios dejados por las técnicas basadas en costos, este adicional a llenar estos vacíos, es más sensible al desarrollo del proyecto, lo cual hace que sea de gran utilidad para el control del mismo, generando datos en actividades claves que de otra forma no se tendría dicha información, dado que muchas de estas no tienen un costo directo en el proyecto, adicional a esto como nos lo muestra la imagen 31, el instante de finalización del

proyecto varia en ambos índices, por lo cual si la información sale de la técnica del valor ganado este proyecto finalizaría con un índice de 0.95, pero como hay actividades que faltan por ejecutar el índice en este proyecto de ejemplo mejora, pero lo más importante es que se sigue analizando la efectividad de la planeación hasta la entrega del proyecto.

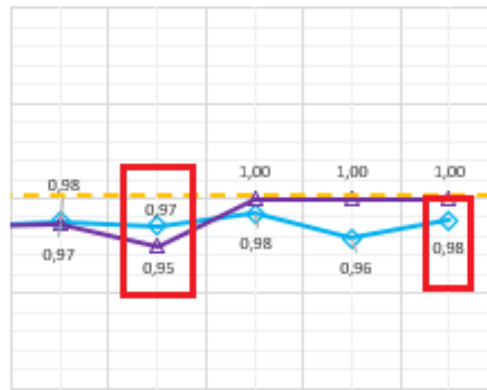


Imagen 29: Fin DPI vs SPI(t).

La imagen 30 y 31 se muestra el comparativo entre los diferentes índices de desempeño del cronograma, en las tres técnicas utilizadas (EVM, ES y ED), aunque es bastante impreciso decir cual técnica es la más exacta en sus métricas, debido a que solo tenemos 3 proyectos de muestra, este comparativo si nos ayuda a determinar el comportamiento de los diferentes índices, por ejemplo podemos ver como la técnica del EVM tiene saltos muy grandes de datos, no forma una tendencia progresiva, lo que no ocurre con las otras las técnicas ES y ED, las cuales aunque con diferencias forman una tendencia con los datos de desempeño, esto posiblemente es

debido a la forma como son calculados los índices, cuyo calculo está basado en la relación de triángulo.

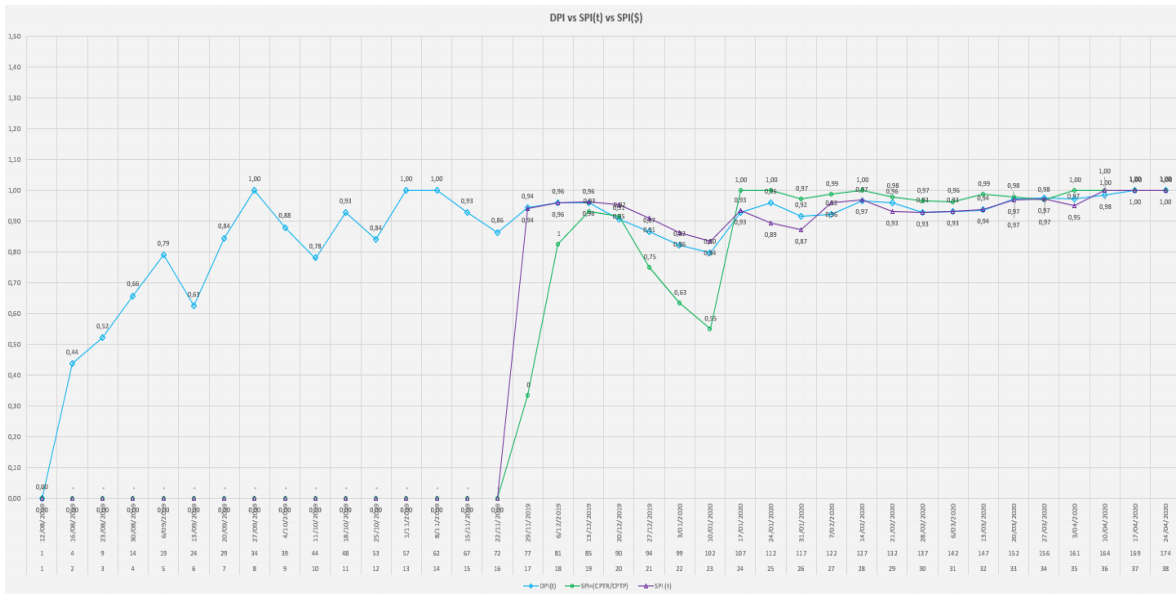


Imagen 30: Comparativo técnicas.

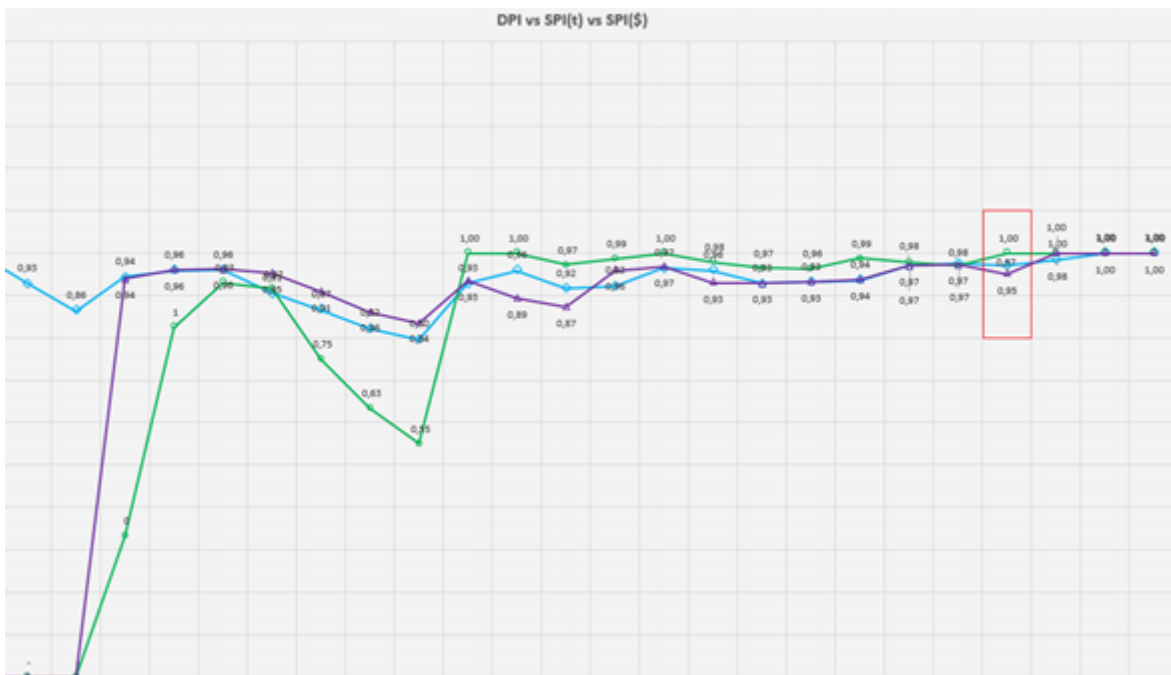


Imagen 31: Detalle indicadores al finalizar.

En la imagen 32 podemos ver más detallado lo que se quiso decir en el párrafo anterior, adicional a esto en la semana 34 día 152, las técnica EVM nos muestra que el proyecto fue terminado con un desempeño del 100%, lo cual es poco real dado que se vienen arrastrando bajos desempeños, esto se debe a un inconveniente que tiene dicha técnica, la cual premia el fin del proyecto en costo, esto se corrige por medio de las otras 2 técnicas, las cuales por su forma de cálculo sigue haciendo este e informa el verdadero índice de las ultimas tareas.

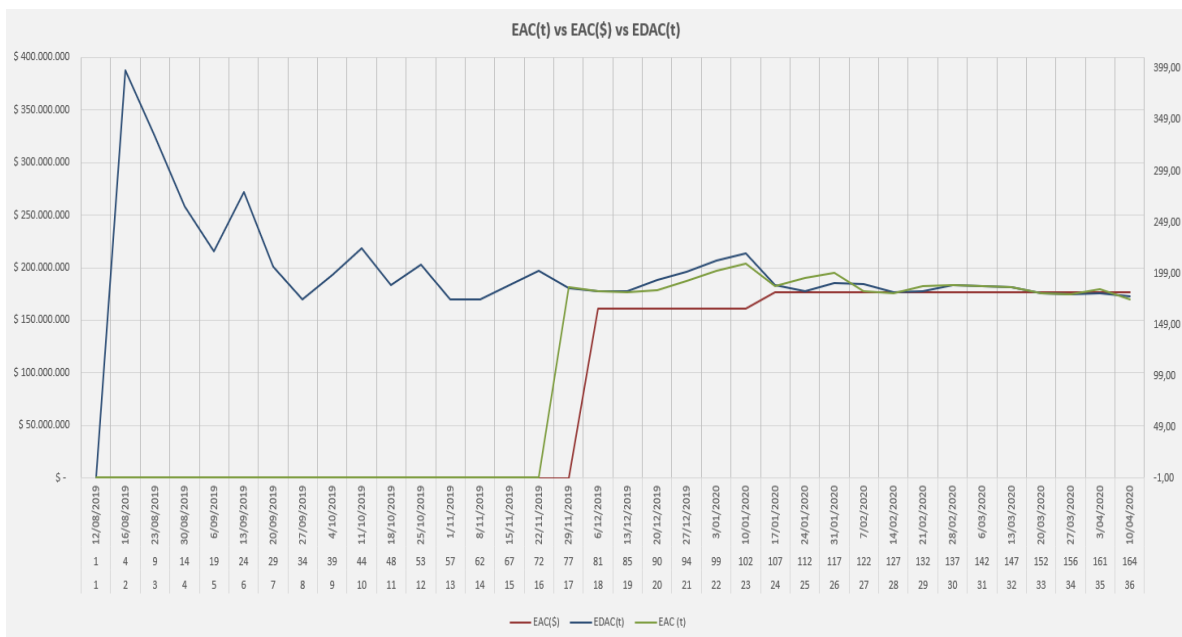


Imagen 32: Proyecciones EAC (tiempo y costo).

En la imagen 33, vemos como es el comportamiento de las proyecciones basadas en costos y tiempo, en esta se nota la importancia de conocer información de las tareas desde el inicio del proyecto, esto para hacer proyecciones del comportamiento

del proyecto, tanto para la generación de informes al patrocinador del proyecto, como para el grupo de proyectos. Es una constante en los proyectos que hay actividades que por su costo son las que generan más atención, ocasionando que se descuiden las otras, o peor aún acomodo del grupo de proyectos, debido al impacto de la tarea de la ruta crítica, ocasionando información pobre o no tener esta en etapas tempranas del proyecto, estos datos son de gran ayuda no solo para medir el desempeño del proyecto, sino para medir el del grupo de trabajo, adicional a esto tener una proyección temprana permite hacer correcciones en tareas que pueden volverse críticas para el proyecto.

Como se puede también ver en la imagen 32 las dos técnicas que se traducen en tiempo permiten generar proyecciones más precisas y tempranas en el proyecto, adiciona a esto las últimas 3 semanas del proyecto se tienen actividades de solo duración, por lo cual, si se sigue analizando bajos las técnicas de costos y se presentan variaciones en las últimas semanas no tendríamos información del proyecto, dado que las actividades de costos ya estarían terminadas.

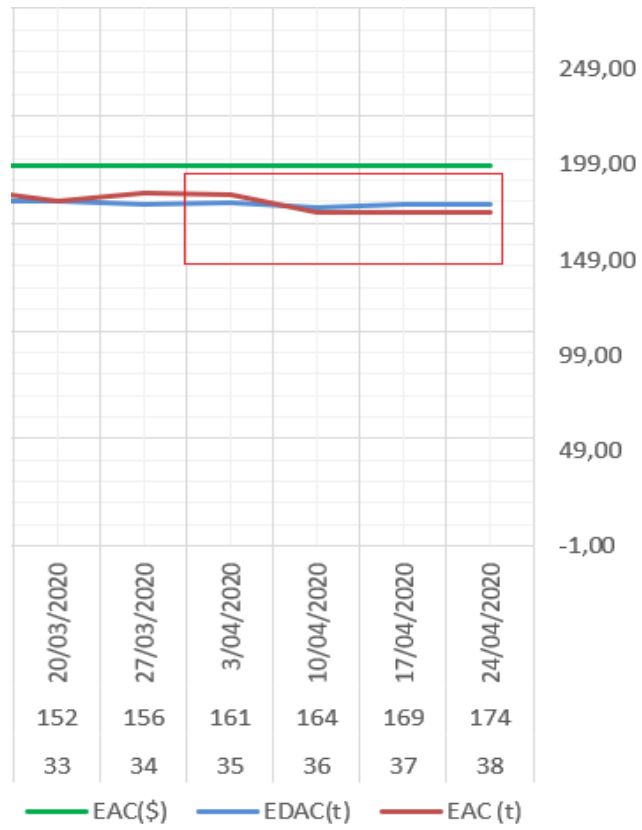


Imagen 33: Detalle proyección al finalizar

Semana	7	8	9	10	11	18	19	20
Día	29	34	39	44	48	81	85	90
	20/09/2019	27/09/2019	4/10/2019	11/10/2019	18/10/2019	6/12/2019	13/12/2019	20/12/2019
PD	29,76	34,56	39,36	44,16	48	82,56	87,36	92,16
ED	27,84	34,56	36,00	36,00	46,08	80,64	85,44	87,36
AD	27,84	34,56	36,00	36,00	46,08	80,64	85,44	87,36
ED(t)	24,5	34,0	34,3	34,3	44,5	77,6	81,6	81,5
EDI(t)	0,34	1,00	0,31	0,82	0,36	0,36	0,38	0,35
DPI(t)	0,84	1,00	0,88	0,78	0,93	0,36	0,36	0,31
EDAC(t)	205,96	174,00	197,84	223,21	187,69	181,62	181,25	192,15
PV (CPTP)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 35.465.640	\$ 57.531.665	\$ 79.797.690
EY (CPTR)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 29.259.153	\$ 53.641.781	\$ 73.147.883
AC (CRTR)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 26.599.230	\$ 48.765.255	\$ 66.498.075
SPI=(CPTR/CPTP)	-	-	-	-	-	1	0,93	0,92
CPI=(CPTR/CRTR)	-	-	-	-	-	1	1,10	1,10
SV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (6.206.487)	\$ (3.983.885)	\$ (6.649.808)
VC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.659.323	\$ 4.876.526	\$ 6.649.808
EAC(\$)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 160.645.083	\$ 160.645.083	\$ 160.645.083
ETC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 134.045.853	\$ 111.879.828	\$ 94.147.008
ES (t)	0	0	0	0	0	77,72	81,82	85,70
SV (t)	-174	-174	-174	-174	-174	-96	-92	-88
SPI (t)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,36	0,35
EAC (t)	0	0	0	0	0	181	181	183
ETC (t)	0	0	0	0	0	-18	-17	-20

Imagen 34: Ejemplo de cálculos para los indicadores.

En la imagen 34 se muestra el set de datos que generan las 3 técnicas seguidas, en general son datos tomados del software de seguimiento, esta tabla ilustra los cálculos intermedios de las técnicas, dado que los datos finales se tienen que realizar en una hoja de cálculo, debido a la triangulación que debe ser realizada.

Nota: Para el caso de la técnica de la duración ganada hay dos indicadores: uno lo define el autor de la técnica como un indicador tipo macro llamado DPI, que es el que

estamos utilizando para llevar a cabo el comparativo entre las técnicas, y el otro como un indicador denominado micro llamado el EDI, el cual divide (PD/ED), cuya fórmula se puede comparar con la utilizada por el EVM para el SPI, por lo cual nos puede servir para comparar entre técnicas, teniendo en cuenta la fórmula que lo compone y entre cuales indicadores es posible compararlo.

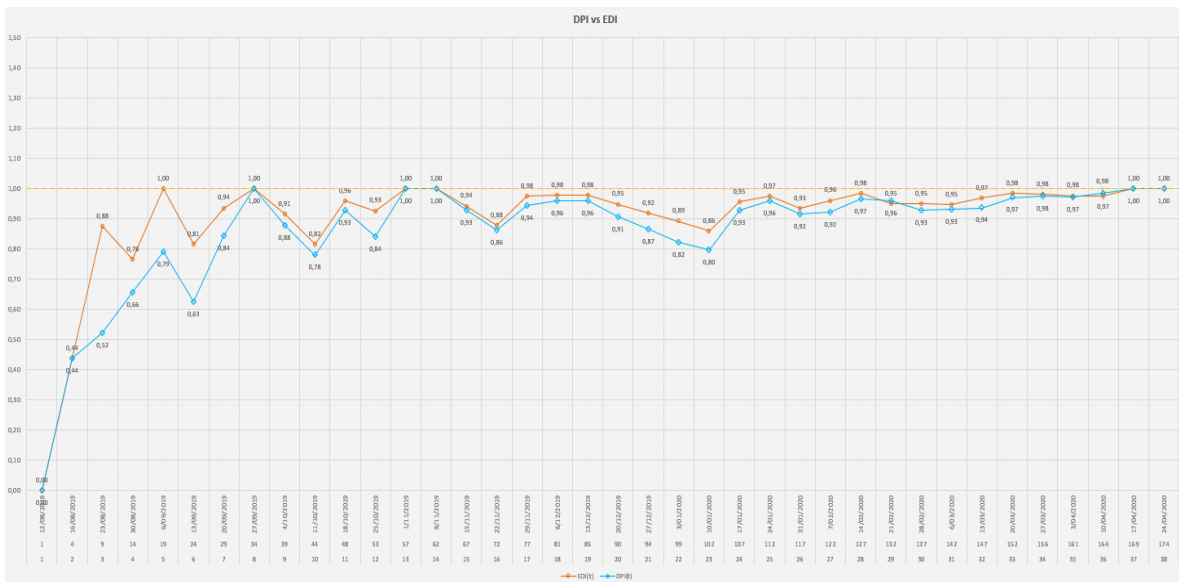


Imagen 35: Comparativo DPI vs EDI.

6.2.3. Proyecto de actualización tecnológica cocina de pegantes

Este proyecto tuvo como objetivo principal llevar a cabo la actualización tecnológica del sistema de control del equipo conocido como cocina de pegantes, el cual es el encargado de realizar la mezcla de químicos para pegar las astillas, las cuales en un proceso posterior se convertirán en los paneles de madera. Este equipo lleva en operación cerca de 20 años y sus componentes, tanto eléctricos como mecánicos ya se encuentran en un gran estado de deterioro, al ser este un equipo con

tantos años el fabricante ya no cuenta con repuestos de este, por lo cual la alternativa es el cambio completo, lo que tiene un gran costo y no representa una gran mejoría para el proceso.

Por lo anterior la compañía decidió llevar a cabo el cambio de las piezas con mayor deterioro: válvulas y tanque, y actualizar tecnológicamente el sistema de control, dado que este es por medio de lógica cableada y no es posible realizar cambios en las dosificaciones, mejorar la secuencia de descarga de los químicos y tener un seguimiento oportuno del inventario de consumos que se tienen la cocina de pegantes.

Como ya se ha informado anteriormente este es un proyecto que tiene varios frentes de trabajo, el departamento de proyectos debe realizar varias actividades para el desarrollo de este tales como: investigación del funcionamiento, materiales para la implementación, diseño de equipos, etc., y otra parte la llevan a cabo los proveedores de la implementación, por tener este proyecto varios componentes y paquetes de trabajo que tienen gran costo es complejo poder llevar a cabo el seguimiento y control del proyecto por medio de la técnica convencional del valor ganado, dado que se tendrían espacios de tiempo donde no se tendría información, esta es una gran desventaja de las técnicas del valor ganado basadas en costo, brecha que puede cubrir la técnica de la duración ganada.



Imagen 36: Comparativo curvas "S" en tiempo y costo.

En la imagen 37, recuadro en color rojo se puede ver que hay 65 días, 15 semanas en las cuales se llevan a cabo actividades y no se genera información del proyecto, por esto es por lo que se deben complementar las técnicas para que la información sea temprana y efectiva para la toma de decisiones.

Dado que las fórmulas de la duración ganada son similares a las del cronograma ganado, esta técnica la comprensión de esta técnica no representaría mayor dificultad al personal encargado de llevar a cabo esta tarea.

En el general de los casos el tiempo o tareas que se ejecutan en los primeros días o semanas de cualquier proyecto son de gran importancia para el desarrollo de este, esto porque en estas etapas se llevan a cabo compras, decisiones de diseño, contrataciones, pólizas, etc., sin información muy detallada del proyecto, lo que

podría concluir en retrasos y sobre costos, es por esto que se buscó una técnica que complementara la información faltante en los proyectos en el entorno industrial, el cual es complejo por la falta de una infraestructura robusta en las oficinas de proyectos.

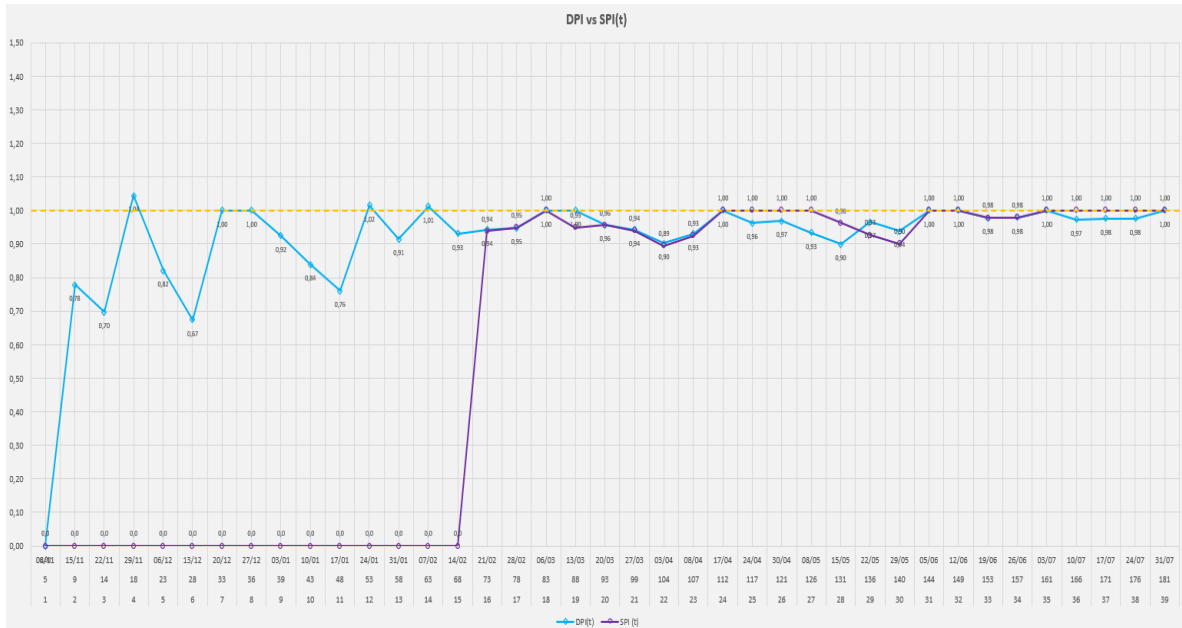


Imagen 37: Comparativo DPI vs SPI(t).

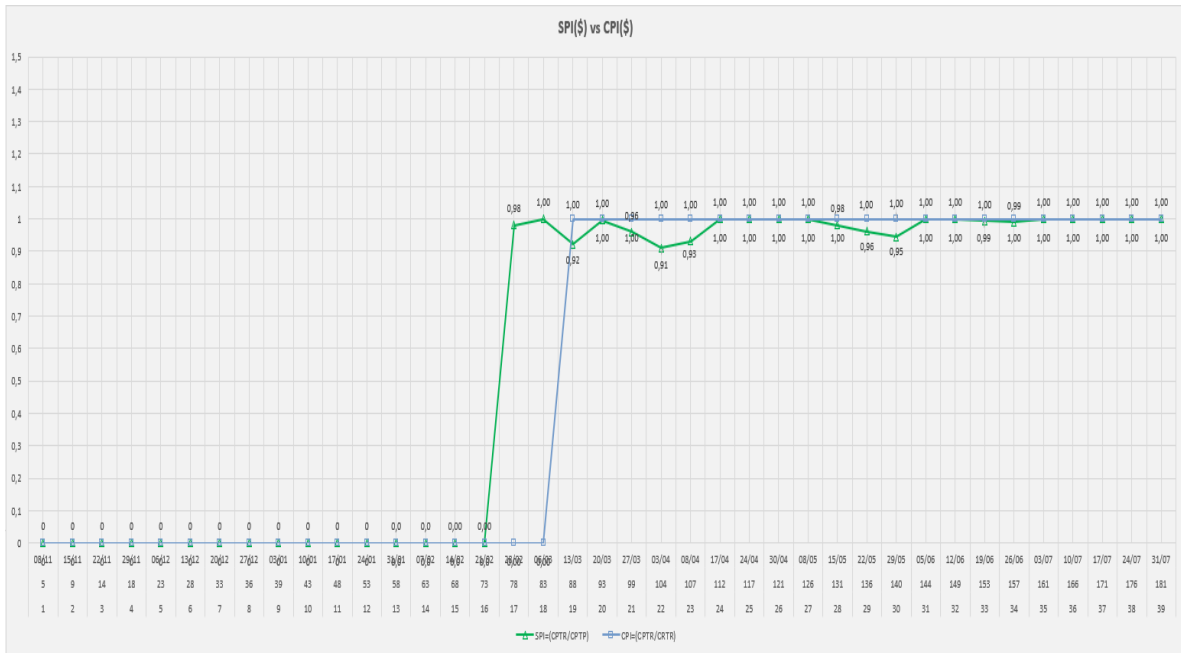


Imagen 38: Grafica SPI (\$) vs CPI (\$).

Como lo mencione en el ejemplo de aplicación anterior, la falta de información que dejan las técnicas de valor ganado en los proyectos del entorno industrial hace que esta no se pueda usar al inicio de este, ocasionando en muchas ocasiones desconfianza del desarrollo del proyecto y más aún imprecisiones al proyectar tareas y corregir desfases en el proyecto.

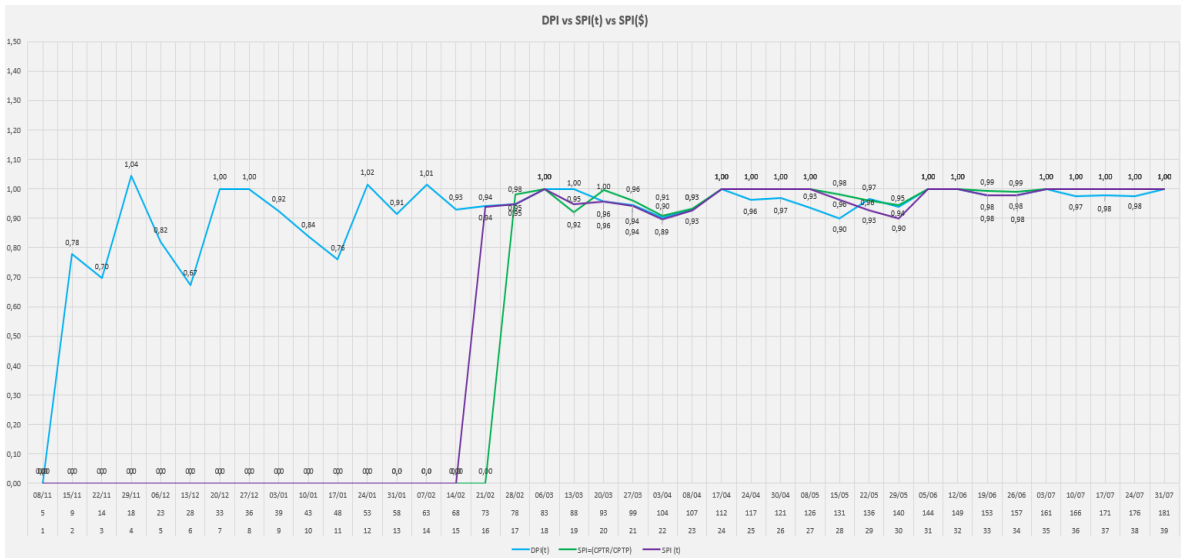


Imagen 39: Comparativo índices basados en tiempo.

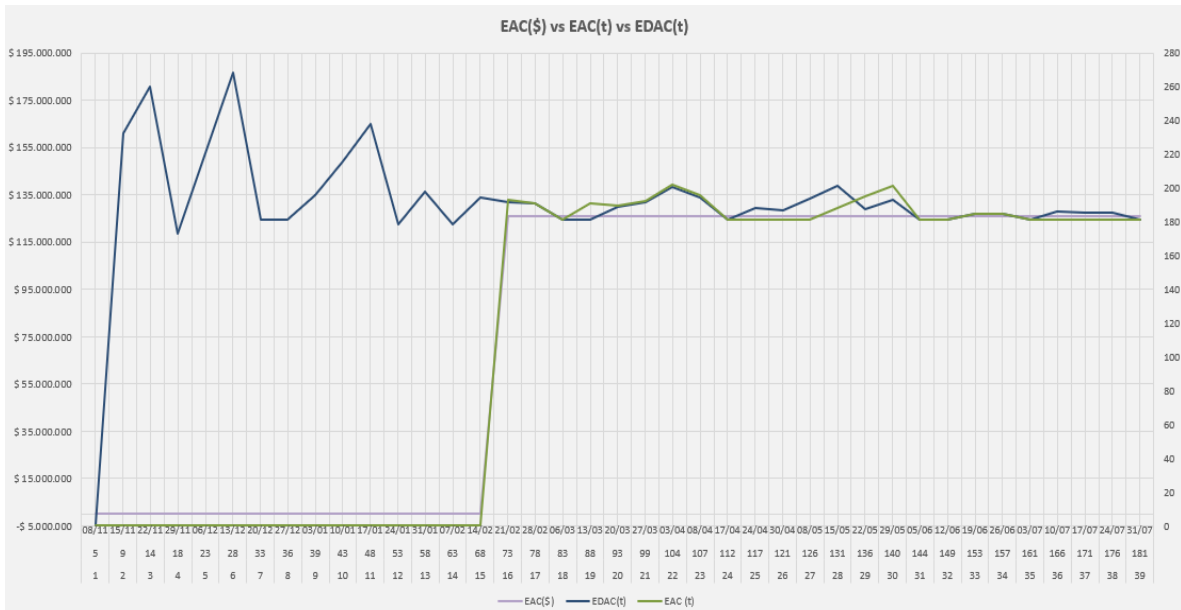


Imagen 40: Comparativo entre EAC (\$), EAC(t) y EDAC.

Como se puede ver en las imágenes 40 y 41, las técnicas se pueden complementar y comparar, esto para definir cuál técnica se puede usar, para que proyectos y

posiblemente en que etapas de este, con lo cual las empresas formalicen la forma en la cual se llevan a cabo el seguimiento a los proyectos, que indicadores se van a seguir, que límites se van a exigir a la PMO y la forma de presentación de los informes.

Lo anterior se sugiere debido a que es preciso formalizar como va a ser llevado el seguimiento a los proyectos, dado que la cantidad de información que se pueden generar en los proyectos es abundante, pero no toda es necesaria ser presentada en los comités de seguimiento, es decir, se debe definir qué información se le presenta a la gerencia y cual es de fuera interno de las oficinas de proyectos, la cual debe servir para la mejora continua de la misma.

En los dos últimos ejercicios de seguimiento y control de proyectos con la técnica de la duración ganada, se notan picos en las proyecciones de duración, esto es debido a que en el inicio de los proyectos se tiende a pensar que dichas actividades no generaran retrasos en los entregables del proyecto, pero esto es un error dado a que si se falla en tener un reporte temprano de las demoras podemos incurrir en retrasos desde el inicio ocasionando sobre esfuerzos en las etapas más complejas del mismo.

6.3. Identificar las herramientas más útiles para el seguimiento y control de proyectos, así como definir las características para la presentación de informes de seguimiento

Este aparte tiene como objetivo ilustrar que herramientas sirven para desarrollar los valores que se requieren para la generación de los indicadores de las técnicas del valor ganado, así como mostrar como con los software que se tiene en la mayoría de las

empresas pueden ser utilizados para la generación de dichos índices, es decir que así muchos de estos software no tienen la formulación para las técnicas más modernas, haciendo unos pequeños ajustes se pueden utilizar para la generación de indicadores.

Como se mostró en el apartes 6.1,2 y 3, se ha explicado la formulación para las diferentes técnicas del valor ganado, estas fórmulas sirven para comprender y aplicar estas a los proyectos, pero que pasa si ¿se decide utilizar otra técnica para el seguimiento y control de los proyectos?, con los software que comúnmente cuentan las compañías esto sería complejo ya que esta formulación está basada en costos, adicional a esto como las otras dos técnicas usan las fórmulas de similitud de triángulos para hallar el índice del que parten todas las demás, tendremos que formular la herramienta con una serie de preguntas que busquen en un arreglo de valores el que este más cercano al valor ganado.

Por lo anterior en los proyectos de ejemplo se decidió trasladar todo el cronograma a la herramienta Microsoft Excel, software ampliamente utilizado alrededor del mundo, esto lleva a tener varios inconvenientes, uno de ellos es dedicar mucho tiempo a tener en 2 archivos uno en Microsoft Project 2016 para el seguimiento en la técnica del valor y cronograma ganado y tener una copia de este con los valores de duración, siendo estos proyectos de corta duración se dedican muchas horas a la generación de las métricas, otro reto es la actualización de los cortes de obra, los cuales si no se tiene cuidado, pueden generar errores en dichos índices, para explicar esto impases se muestra la siguiente imagen 42, de cómo se realizaron los cálculos de la duración ganada.

Inicio planeado		Fin actividades		Ejecución real		Tiempo pendiente	Completado										
12/08/2019		10/02/2020		195			193										
Inicio real		Fin real		Ejecución planeada		Retraso											
12/08/2019		19/03/2020		227		-153											
#	Actividad						Real vs programado		-35								
	Proyecto prueba																
	Fecha inicio	Fecha fin	Duración actividad	Tarea activas	12/08	13/08	14/08	15/08	16/08	17/08	18/08	19/08	20/08	21/08	22/08	23/08	
1	Identificación involucrados	Real Planeada	1	1													
2	Identificar riesgos	Real Planeada	1	1													
3	Definir funcionamiento de los equipos	Real Planeada	1	1													
4	Delimitar el alcance	Real Planeada	1	1													
					TPD												
					SUM	1	2	3	4	5	5	5	6	7	8	9	10
					TED	0.5	1	1.33333	0.5	0.5	0	0	1	1	1	0.5	0.5
					EDTC	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
					SUM	0.5	1.5	2.83333	3.33333	3.833	3.83333	3.83333	4.83333	5.83333	6.83333	7.33333	7.83333
					TAD	1	1	2	1	1			1	1	1	1	1
					SUM	1	2	4	5	6	6	6	7	8	9	10	11
					ED(t)	0				2.917							6.916667
					EDI(t)	0.5	0.75	0.94444	0.83333	0.767	0.76667	0.76667	0.80556	0.83333	0.85417	0.81481	0.783333
					DPI(t)	0	0	0	0	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69
					EDAC(t)	0	0	0	0	289.7	0	0	0	0	0	0	244.3373

Imagen 41: Cronograma Excel.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	12/08	13/08	14/08	15/08	16/08	17/08	18/08	19/08	20/08	21/08	22/08	23/08
TPD	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
SUM	1	2	3	4	5	5	5	6	7	8	9	10
TED	0.5	1	1.33333	0.5	0.5	0	0	1	1	1	0.5	0.5
EDTC	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
SUM	0.5	1.5	2.83333	3.33333	3.833	3.83333	3.83333	4.83333	5.83333	6.83333	7.33333	7.83333
TAD	1	1	2	1	1			1	1	1	1	1
SUM	1	2	4	5	6	6	6	7	8	9	10	11
ED(t)	0				2.917							6.916667
EDI(t)	0.5	0.75	0.94444	0.83333	0.767	0.76667	0.76667	0.80556	0.83333	0.85417	0.81481	0.783333
DPI(t)	0	0	0	0	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69
EDAC(t)	0	0	0	0	289.7	0	0	0	0	0	0	244.3373

Imagen 42: Cálculo de factores de la técnica ES.

Como lo pueden ver en las imágenes 42 y 43, para lograr obtener la variable ED de la técnica de la duración ganada debemos día a día llevar a cabo actualizaciones

del trabajo que va ganando el proyecto, esto además de tenerlo que hacer en el archivo de Excel se debe hacer en el archivo de Project, debido a que se debe tener un avance similar en ambos archivos.

Para la técnica de la duración ganada se define la suma de los avances con un periodo diario, debido a que es posible que en un solo día se programen actividades que haciendo el corte del día duren más de este, es decir como lo pueden ver en la imagen 46, el día 109 tiene 4 actividades cuya suma es de 4 días de esfuerzo, para un solo días de trabajo, este concepto es un poco confuso y no se entiende de manera rápida ya que la herramienta comúnmente utilizada para el seguimiento de los proyectos hace este trabajo por nosotros, pero es muy importante saber cómo se podría llevar a cabo un avance de forma manual, dado que no en todas las organizaciones se tiene la herramienta especializada para el control de los proyectos.

Sabiendo lo anterior se puede ver como el trabajo manual para poder hacer seguimiento a los proyectos por otra técnica que no sea la que utiliza Microsoft Project es muy engorrosa, no solo eso, sino que no se tiene certeza de si los cortes de obra y avances se les esta asignando el mismo porcentaje de avance, ejemplo, si una tarea está retrasada o adelantada, Microsoft Project lo que hace es hacer la comparativa con la línea base, pero si hacemos esto en Excel tendríamos que tener diferentes archivos con las diferentes líneas base que hallamos programado.

Para evitar todo este manejo de archivos y apoyándonos en como la herramienta Microsoft Project lleva a cabo los avances de los proyectos y para simplificar el tratamiento de datos, lo que puede llevar a errores de cálculo, en el archivo de

Microsoft Project en la hoja de recursos se da el valor de 1 unidad/día a una tarea general, con lo cual, si se tienen 3 actividades corriendo en paralelo al día, tendrá 3 unidades de esfuerzo, de esta manera lo único que se tendría es 2 archivos para el seguimiento y control de los proyectos, con su respectivas líneas base, lo que facilita el poder llevar este seguimiento con varias técnicas.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración de línea	Duración real	% completad	CPTP	CRTR	CPTR	Costo de línea base1
		▲ Cronograma actualización cocina de pegantes V1.2 Prueba	121 días	32.83 días	27%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 217.00
✓		▲ Revisión información actual	37 días	33.6 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 37.00
✓		Revisión planos actuales tanques	5 días	5 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 5.00
✓		Cálculo nuevas capacidades	10 días	10 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 10.00
✓		Revisión nuevos sensores	7 días	7 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7.00
✓		Estrategía de control	15 días	15 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 15.00
✓		Revisión información	0 días	0 días	100%	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00

Imagen 43: Variables control de proyectos, tomadas de Microsoft Project.

Programador PLC	Trabajo	Prog. PLC	100%	\$ 65,258.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Técnicos planta
Programador HMI	Trabajo	Prog. HMI	100%	\$ 55,924.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Técnicos planta
Elementos neumaticos	Material	MNeuma		\$ 13,287,017.00		\$ 0.00	Prorrateo	
Mano de obra eléctrica	Trabajo	Electricos	100%	\$ 60,977.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Técnicos planta
Elementos electricos	Material	Elem. Elect.		\$ 37,815,059.00		\$ 0.00	Prorrateo	
Tanque	Material	Tanque		\$ 12,000,000.00		\$ 0.00	Prorrateo	
Técnicos planta	Trabajo	Tec. planta	100%	\$ 0.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Actualizacion IMAL
Elec. Proyectos	Trabajo	Elec. pry	100%	\$ 0.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Actualizacion IMAL
Dibujante	Trabajo	Dibujante	100%	\$ 0.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Actualizacion IMAL
Elementos de automatización	Material	Elem. Auto.		\$ 12,688,596.00		\$ 0.00	Prorrateo	
Tecnicos	Trabajo	T	100%	\$ 0.00/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Técnicos planta
Tarea general	Trabajo	TG	100%	\$ 0.10/hora	\$ 0.00/hora	\$ 0.00	Prorrateo	Técnicos planta

Imagen 44: Configuración en la herramienta.

Semana	1	2	3	4	5	6	7
Día	1	4	9	14	19	24	29
	12/08/2019	16/08/2019	23/08/2019	30/08/2019	6/09/2019	13/09/2019	20/09/2019
PD	0,36	6,72	11,52	16,32	21,12	25,92	29,76
ED	0,5	5,28	10,08	12,48	21,12	21,12	27,84
AD	1	5,28	10,80	12,48	21,12	21,12	27,84
ED(t)	0	1,8	4,7	9,2	15,0	14,5	24,5
EDI(t)	0,52	0,79	0,88	0,76	1,00	0,81	0,94
DPI(t)	0,00	0,44	0,52	0,66	0,79	0,60	0,84
EDAC(t)	#DIV/0!	397,71	333,19	264,78	220,40	288,00	205,96
PV (CPTP)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EV (CPTR)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
AC (CRTR)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
SPI=(CPTR/CPTP)	-	-	-	-	-	-	-
CPI=(CPTR/CRTR)	-	-	-	-	-	-	-
SV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
VC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EAC(\$)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ETC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ES (t)	0	0	0	0	0	0	0
SV (t)	-174	-174	-174	-174	-174	-174	-174
SPI (t)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EAC (t)	0	0	0	0	0	0	0
ETC (t)	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0

Imagen 46: Variables de las técnicas.

De la herramienta de seguimiento de proyectos se deben traer las siguientes variables a la hoja de cálculo:

CPTP (PV): (costo presupuestado del trabajo programado) campos contienen los costos de línea base de fase temporal acumulados hasta la fecha de estado o la fecha de hoy. Las versiones de fase temporal de estos campos muestran valores distribuidos a lo largo del tiempo

CPTR (EV): (costo presupuestado del trabajo realizado) campos contienen el valor acumulado de la tarea, del recurso, porcentaje de las asignaciones completadas o multiplican por los costos de línea base de fase temporal. CPTR se calcula hasta la fecha de estado o la fecha de hoy. Esta información también se conoce como es valor acumulado.

CRTR (AC): (costo real del trabajo realizado) muestran los costos contraídos por trabajo ya realizado en una tarea hasta el proyecto fecha de estado o la fecha actual.

Lo demás que se debe hacer en el archivo de Microsoft Excel son las fórmulas ya mencionadas en el capítulo 12, según la técnica que se utilice, la recomendación si es posible llevar las 3 técnicas ya que la combinación de estas genera más información que apoyan la toma de decisiones y el control de los proyectos.

6.3.1. Ejemplo hoja de informe de seguimiento de proyectos

A continuación, se presenta un modelo de hoja, para la generación de informes de seguimiento de proyectos, basado en las técnicas del valor y la duración ganada.

Basado en la experiencia obtenida, es una muy buena práctica mantener a los involucrados del proyecto informados del desarrollo de este, ya que estos proporcionan información ya sea técnica, como del negocio, que es muy complejo manejar para los equipos reducidos de las oficinas de proyectos, adicional a esto, sugieren mejoras y aportan a la madurez de las oficinas de proyectos.

El cuadro de informa se plantea con varias gráficas, las cuales, aunque en un inicio pueden resultar complejas de entender, con el pasar del tiempo, sirven para tener un

histórico de la eficiencia en el manejo de los proyectos, es decir se convierten en una de las fuentes para las lesiones aprendidas.

Es importante comprender la gráfica inferior izquierda de la imagen 49, la cual hace un comparativo entre en CPI vs SPI, esta información por mucho tiempo se ha venido manejando en la presentación de informes y como se puede notar esta entrega información detallada y fácil de comprender para las personas que no están inmersas en las prácticas de la gerencia de proyectos.

En el informe se contempla tener la información e la línea base (tiempo y costo) con la cual nos estamos comparando, las variables que componen las técnicas, los índices, las proyecciones, información de los periodos, para garantizar un histórico en el informe y las tareas más relevantes que se están llevando a cabo.

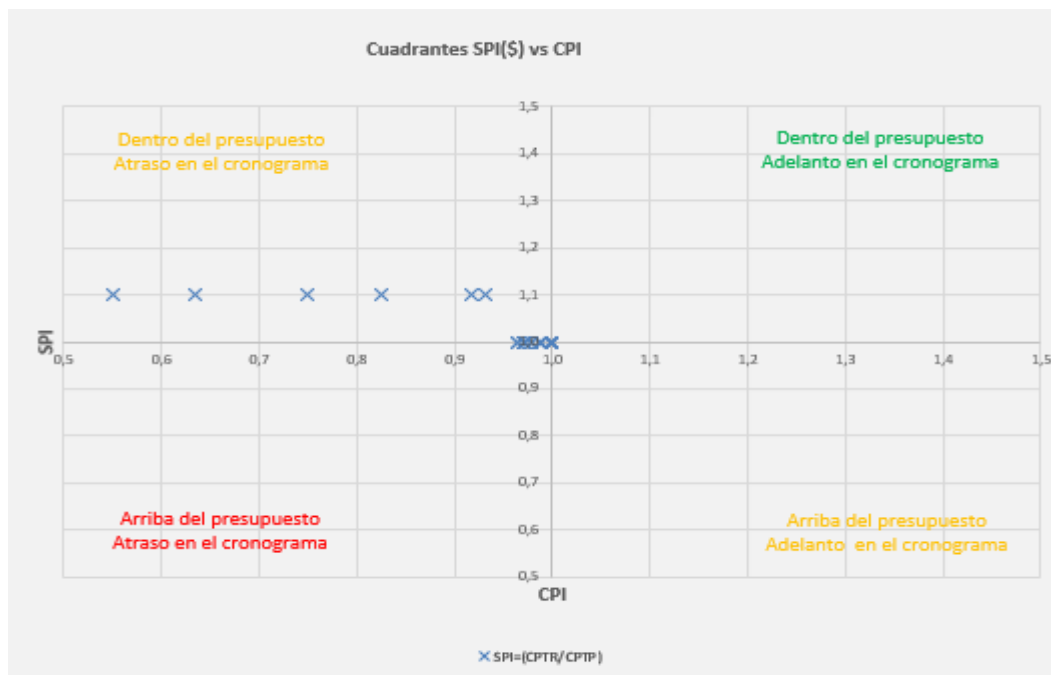


Imagen 47: Reporte de cuadrantes (fuente propia).

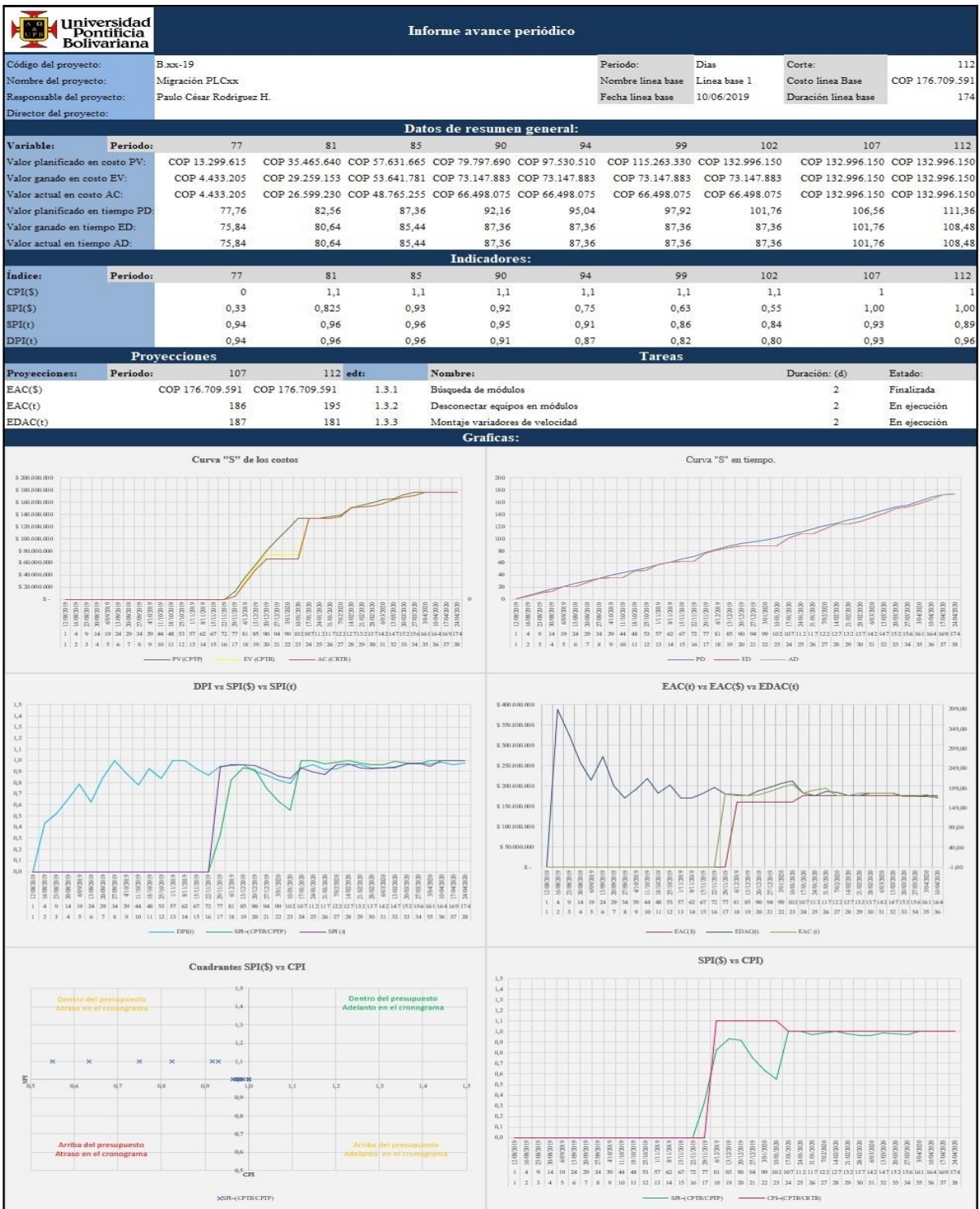


Imagen 48: Ejemplo informe seguimiento proyectos (fuente propia).

7. Conclusiones

1. De la revisión llevada a cabo sobre las técnicas para el seguimiento y control de proyectos, es claro que no son nuevas, ni complejas de implementar, lo que se puede concluir es que no se tiene una visión clara de la utilidad que puede generar en los proyectos, adicional a esto, llevar a cabo un seguimiento y control de proyectos requiere la asignación de horas de trabajo, lo que es difícil, debido al reducido número de integrantes de la oficina de proyectos en la empresa objeto de estudio.
2. Tener un método para el seguimiento y control de proyectos, genera información de interés para los interesados del proyecto, adicional a esto genera una comprensión generalizada de los proyectos y mejorar el control del cronograma y los costos asignados al mismo, eso se puede ver en los ejercicios de aplicación donde las proyecciones llevadas a cabo ayudaron a generar informes de fin del proyecto tanto en tiempo como en costos.
3. Aunque las empresas pueden utilizar cualquiera de las técnicas de Seguimiento y Control expuestas en este trabajo, la recomendación es que apliquen las tres técnicas, ya que cada una genera información para alguno de los interesados, es decir, si los índices están claros y bien definidos sus límites de control, todos los interesados del proyecto sacaran de estos la información que requieren para sus análisis.
4. Poder tener un formato para la presentación de informes y llevar a cabo reuniones de seguimiento con un formato establecido, permite que las

personas se vayan acostumbrando a medir el desempeño de la oficina de proyectos basada en información actual y sobre todo que esta sea veraz.

5. La continua medición del desempeño de las oficina de proyectos le permite mostrar los avances en gestión que esta tiene y solo es posible a través de indicadores que sean entendibles para el común de las personas de la compañía.
6. Poder llevar a cabo un ejercicio práctico con las técnicas de Seguimiento y Control desarrollado en proyectos reales, se puede ver como en el general de los casos, no se tienen en cuenta la medición del desempeño de los miembros del departamento de proyectos y esto se pudo validar en los documentos que se exploraron para la investigación, esto es muy interesante ya que muchas de las actividades del personal de la oficina pueden generar retrasos en los proyectos y estos con las técnicas del valor y cronograma ganado nunca se verían, por esto la importancia de complementar la información con la técnica de la duración ganada, con lo cual se tiene un panorama general de las actividades y su duración.
7. Aunque llevar a cabo una comparación uno a uno de las técnicas Seguimiento y Control podría generar dudas, debido a que se enfrentan técnicas en costos y tiempo, se pudo validar en los ejemplos de aplicación que el número de horas del personal de proyectos no impacta en gran medida los indicadores, esto por la diferencia que hay entre estas y las horas de trabajo de los contratistas.
8. Este trabajo no trato de definir cuál es la técnica es la más precisa, el objetivo es poder tener información de los proyectos sin importar no tener todos los

costos, dado que es de gran importancia generar datos desde el inicio de los proyectos, dichas actividades al inicio es comúnmente desarrollado por el personal de la oficina de proyectos la cual puede ser la causante de los retrasos del mismo, adicional se puede notar la importancia de tener un centro de información de la ejecución de proyectos.

8. Referencias

- Anbari, F. T. (s. f.). Earned Value Project Management Method and Extensions. 12.
- de Andrade, P. A., Martens, A., & Vanhoucke, M. (s. f.). Using real project schedule data to compare earned schedule and earned duration management project time forecasting capabilities.
- Henderson, K. (s. f.). Earned Schedule—A Breakthrough Extension to EVM.
- Khamooshi, H., & Golafshani, H. (s. f.). EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. JPMA, 32 (2014) 1019-1041.
doi:10.1016/j.ijproman.2013.11.002.
- Lipke, W. (s. f.). Schedule is Diefferent. Recuperado 14 de octubre de 2019, de <http://earnedschedule.com/Docs/Schedule%20is%20Differant.pdf>
- Lipke, W. (2006). Applying Earned Schedule to Critical Path Analysis and More. 8.
- Mareels, E., & Martens, J. (2019). EARNED DURATION MANAGEMENT EVALUATION AND EXTENSION OF A NOVEL PROJECT CONTROL TECHNIQUE FOR THE TIME DIMENSION.
https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/481/102/RUG01-002481102_2018_0001_AC.pdf

- Metodología de la investigación 5ta Edición.pdf. (2019, octubre 10).
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Project Management Institute, (2005). Practice Standard for Earned Value Management.
- Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) / Project Management Institute.
- Serrador, P., & Rodney Turner, J. (2014). The Relationship between Project Success and Project Efficiency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.011>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (Cuarta edición, Cuarta edición) [Computer software]. LIMUSA Y NORIEGA.
- Vandevorde, I. S. (s. f.). TIME FORECASTING USING EARNED SCHEDULE. *Measuring Time*, 55.
- Vandevorde, S., & Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24(4), 289-302.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.10.004>