

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**SISTEMA DE CONTROL GERENCIAL DE CONSTRUCCIÓN DE
PROYECTOS VIALES**
Proyectos Técnicos

Xavier Andrés Macías Moreira

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 11 de mayo de 2018

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

SISTEMA DE CONTROL GERENCIAL DE CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES

Xavier Andrés Macías Moreira

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Juan José Recalde Rosero, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 11 de mayo de 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Xavier Andrés Macías Moreira

Código:

00115651

Cédula de Identidad:

131257639-8

Lugar y fecha:

Quito, 11 de mayo de 2018

RESUMEN

El monitoreo de costos, ingresos y avance físico en el tiempo en obras viales es imprescindible para determinar la factibilidad, eficiencia de recursos humanos y económicos dentro de cualquier proyecto. El presente trabajo de investigación establece un sistema para facilitar la lectura de información gerencial a los directores de proyectos viales, gerentes de empresas constructoras y hasta fiscalizadores, de forma rápida y resumida, mediante el uso de indicadores económicos, de tiempo y sus respectivas gráficas.

Para la realización del sistema de control se establece el uso paralelo de las herramientas de Microsoft Excel y Microsoft Visual Basic. La teoría usada detrás del sistema de monitoreo de proyectos viales es el Análisis de Valor Ganado (EVA), en donde el valor planificado (PV) del proyecto se considera como cronograma valorado inicial, el costo actual (AC) son datos emitidos por contabilidad de cada proyecto, valor ganado se refiere a los ingresos de la compañía establecidos por las planillas mensuales y posteriormente, se usa la Ley de Pareto con el propósito de evidenciar el avance físico del proyecto. El sistema al final de su compilación ofrece de alertas e informes con información que permitan ver de forma más clara, exacta y rápida al gerente del proyecto para toma de decisiones. Finalmente, para la corroboración del trabajo de titulación se realiza un análisis de dos proyectos viales en el país.

Palabras Claves: Ley de Pareto, análisis valor ganado, valor planificado, cronograma valorado, planillas, costo actual, hitos, paquetes de trabajo, construcción.

ABSTRACT

The monitoring of cost, income, and physical progress over time in transportation works is essential to determine the feasibility, efficiency of human and economic resources within any project. This research work establishes a system to facilitate the reading of managerial information to transportation project managers, managers of construction companies and even construction supervisors, in a quick and summarized manner, using economic indicators, time indicators and their corresponding graphs.

For the programming of the control system, the parallel use of Microsoft Excel and Microsoft Visual Basic tools was established. The theory used behind the road project monitoring system is the Earned Value Analysis (EVA), where the planned value (PV) of the project is considered as an initial schedule of values, the current cost (AC) is data issued by accounting of each project, earned value (EV) refers to the income of the company established by the monthly payment requests and later, the Pareto law is used with the purpose of evidencing the physical progress of the project. The system offers alerts and reports with information that allow the project manager to see more clearly, accurately, and quickly for decision making purposes. Finally, for the trial of the system an analysis of two road projects is performed.

Keywords: Pareto law, Earned Value Analysis, planned value, schedule of values, requests for payment, value earned, cost, milestones, work packages, construction.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Justificación	11
1.3. Descripción del Trabajo de Titulación	12
1.3.1. Objetivos	12
1.3.2. Entregables del Trabajo	12
2. Desarrollo del Tema	13
2.1. Marco Teórico	13
2.1.1. Monitoreo y Control de Proyectos	13
2.1.2. Análisis de Gestión por Valor Ganado	16
2.1.3. Ley de Pareto	24
2.1.4. Variaciones en Contratos en Proyectos Viales en el Ecuador	25
2.1.4.1. Diferencia de Cantidades en Ecuador	25
2.2. Desarrollo	28
2.2.1. Diseño de Panel de Control Gerencial	28
2.2.2. Diseño y Uso de Bases de Datos	32
2.2.2.1. Base de Datos de Valor Planificado	32
2.2.2.2. Base de Datos de Costo Actual	34
2.2.2.3. Base de Datos de Valor Ganado	35
2.2.2.3.1. Base para Evaluación por Planillas Cobradas (EV1)	35
2.2.2.3.2. Base para Evaluación por Avance Físico (EV2)	37

2.2.3.	Generación de Alertas e Informes.....	41
2.2.4.	Implementación del Sistema en Dos Proyectos Viales Reales	42
2.2.4.1.	Proyecto 1 - Construcción del Proyecto Tramo de Acceso al Puerto de Manta, Redondel del Imperio - Colisa, Ubicado en la Provincia de Manabí.....	42
2.2.4.2.	Proyecto 2 - Obra de reparación emergente de la vía Manta-San mateo, de 9 km de longitud ubicado en la provincia de Manabí.....	45
3.	Conclusiones	48
4.	Referencias bibliográficas	50
Anexos.....		52
	Anexo A: Resumen de Información procesada para proyecto 1	52
	Anexo B: Información procesada para proyecto 2	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de Secciones señaladas en Panel de Control (Figura 5).	30
Tabla 2 Ejemplo de descripción para cualquier paquete o sub-paquete de trabajo.....	39
Tabla 3 Amortización para proyecto 1	52
Tabla 4 Resumen de Bases de Datos (EV, PV, AC) para proyecto 1	52
Tabla 5 Análisis de valor ganado para proyecto 1	53
Tabla 6 Rubros más importantes (Ley de Pareto) para proyecto 1	54
Tabla 7 Amortización para proyecto 2	55
Tabla 8 Resumen de Bases de Datos (EV, PV, AC) para proyecto 1	55
Tabla 9 Análisis de valor ganado para proyecto 2	56
Tabla 10 Rubros más importantes (Ley de Pareto) para proyecto 2	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gráfica de Valor Ganado, Valor Planificado y Costo Actual (PMI, 2017a).....	22
Figura 2 Análisis de Variación en Cronograma (Murray, 2017)	23
Figura 3 Análisis de Variación en Costos (Murray, 2017)	23
Figura 4 Relación Tiempo vs. Costo (Lledó, 2013)	24
Figura 5 Panel de Control, explicado en secciones. Ver Tabla x.....	29
Figura 6 Esquema de Base de Datos para Valor Planificado (PV)	33
Figura 7 Macro para Quitar Filas Vacías.....	33
Figura 8 Macro para Identificar Paquetes o Sub-paquetes de Trabajo.....	34
Figura 9 Ejemplo Finalizado para Base de Datos de Valor Planificado.....	34
Figura 10 Base de Datos para Costos Actuales.....	35
Figura 11 Formato de pestaña auxiliar COD_PLANILLA para actualización de BASE_E.V.1	36
Figura 12 Esquema de datos a reemplazar con matriz de planilla correspondiente al mes para BASE_E.V.1	37
Figura 13 Esquema para aplicación de Ley de Pareto	38
Figura 14 Asignación de avances para paquetes de trabajo.....	39
Figura 15 Descripción de Avance Físico por Color	41
Figura 16 Alerta tipo semáforo para indicadores	41
Figura 17 Ejemplo de Alertas e Informes en el Sistema.....	41
Figura 18 Resultado del sistema para proyecto 1.....	44
Figura 19 Resultado del sistema para proyecto 2.....	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La falta de control y monitoreo de costos dentro de cualquier proyecto ha sido una de las principales fallas que tienen como consecuencia la terminación incompleta de proyectos y hasta el desfinanciamiento total de la empresa ejecutora. En Ecuador, las empresas constructoras de obras viales tampoco han sido la excepción; generalmente, existen empresas constructoras que tienen inconvenientes al momento de procesar información debido a la gran cantidad de rubros existentes en las obras y a la falta de comunicación adecuada entre los miembros del equipo de trabajo. Una vez que se obtiene la información requerida, existe mayor demora en entrega de informes por la necesidad de filtrar los numerosos rubros entregados, y usualmente está restringido a la información oficial entregada a fin de mes mediante planillas de pagos aprobados.

Para el presente trabajo se han realizado varias entrevistas con distintos dueños de empresas constructoras en el país, y es evidente que requieren de reportes con información relevante actualizados cada semana, cada quince días o cada mes para poder tomar medidas correctivas o dar soluciones a problemas en los proyectos de forma oportuna.

1.2. Justificación

El presente trabajo de titulación brinda de un sistema computacional de control de proyectos de construcción de vías, desarrollado con el uso de herramientas como Microsoft Excel y Microsoft Visual Basic. El sistema es capaz de procesar datos de proyectos de forma semiautomática, para ahorrar tiempo en la organización de información de proyectos, así mismo para procesarla y posteriormente elaborar automáticamente informes técnicos sobre el desenvolvimiento en tiempo y económico de la obra.

Se espera que los interesados (stakeholders) en posición de toma de decisiones como directores de proyectos, gerentes de empresas constructoras y hasta fiscalizadores lo usen para tener una referencia de cómo progresan sus respectivos proyectos en costo, cronograma y avance físico. Este tipo de sistemas de control de proyectos permitiría tomar decisiones a tiempo ante cualquier anomalía que se suscite en la ejecución de la obra, corrigiendo problemas pequeños y evitando problemas grandes en la empresa de manera oportuna.

1.3. Descripción del Trabajo de Titulación

1.3.1. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo de titulación son:

- a) Desarrollar un sistema de control computacional de control de proyectos de construcción de vías.
- b) Implementar la aplicación con proyectos reales.

1.3.2. Entregables del Trabajo

El entregable esperado del trabajo de titulación es un sistema computacional de control de proyectos que contenga:

- a) Panel de control gerencial con datos del proyecto, métricas de control (alcance, tiempo, costo e ingresos)
- b) Sistema de alimentación de información, mediante del uso de los paquetes más importantes (Ley Pareto)
- c) Base de Datos, y
- d) Alertas e Informes

Y además se buscará implementar el sistema con información real de al menos 2 proyectos viales.

2. DESARROLLO DEL TEMA

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Monitoreo y Control de Proyectos

Con el propósito de mantener un proyecto en funcionamiento de forma eficaz y efectiva dentro de presupuesto y cronograma, es necesario que exista durante su realización un monitoreo y control de las partes ejecutadas y de las que están por ejecutar (Hinze, 1998). Con este seguimiento, el gerente de una empresa, el director del respectivo proyecto, o las personas encargadas del mismo pueden comprender el estado de avance y realizar análisis de los posibles cambios solicitados dentro del proyecto y poder tomar decisiones sobre ellas. Durante el proceso de ejecución, análisis y retroalimentación de proyectos usualmente se encuentran los directores con recomendaciones o imposiciones de medidas preventivas, correctoras o compensatorias por parte del dueño del proyecto.

Para un correcto control de proyectos también es necesario realizar monitoreos de los resultados obtenidos en las ejecuciones de los hitos¹ o cantidades totales del proyecto, y contrastar con la planificación; buscando tener la capacidad de evitar cambios grandes dentro del proyecto mediante el uso de medidas o cambios pequeños. De esta manera, se puede contar con un mayor rango de visibilidad sobre el proyecto, identificar las áreas de mayor atención o puntos críticos del cronograma, y para la toma de decisiones de manera oportuna. (PMI, 2017b)

¹ Hito. Es un punto dentro del proyecto importante, en donde se marca referencia para saber que se ha terminado una tarea y se aproxima a otra. (Nuñez, 2015)

Por otro lado, es imprescindible tener claridad en los conceptos y diferenciación de palabras claves dentro del seguimiento en un proyecto, como son: monitoreo y control, debido a que éstas se pueden manejar con procesos distintos, sin embargo, generalmente trabajan de forma simultánea. Dentro de los proyectos, monitoreo se refiere al entendimiento de lo que se está suscitando durante la ejecución, mediante la obtención de información clara y precisa, para un posterior análisis e interpretación de datos. Mientras que, con control, se refiere a las posibles acciones que se tomen con responsabilidad en los proyectos como respuesta o solución a los resultados que se estén dando en el monitoreo. (Hinze, 1998)

En el ámbito de la construcción es fundamental tener en cuenta que todas las partes colaborantes en la realización de cualquier obra o proyecto entiendan todas las terminologías con las que se trabajen, buscando siempre la finalidad de mantener una comunicación clara y efectiva en todas las áreas. Una de estas terminologías en proyectos viales es el “tiempo de construcción”, lo cual ordinariamente se mide en días laborales o días calendario. Es importante diferenciar también que con días laborales se refieren a días de la semana en que se trabajan, excluyendo los feriados. Mientras que los días calendario son el número de días que se tienen en el año. Ambas formas de conteo del tiempo en una construcción son válidas, por lo que es imprescindible saber transformar días laborales a días calendarios y viceversa. La importancia de ambos recae en que en días laborales se trabajan la mayoría de los proyectos, mientras que en días calendario podemos contar el tiempo de curación del hormigón. (Hinze, 1998)

Adicionalmente, es esencial tener en cuenta que la planificación, tanto de avance físico y de cronograma valorado, son requeridos en un proyecto de construcción. Existen factores que pueden afectar el funcionamiento planificado de la obra y, por lo tanto, los cronogramas iniciales deben poseer holgura suficiente en tiempo y dinero

para no generar atrasos en la obra. Éstos son atributos muy necesarios que considerar en este planteamiento inicial que determinará la línea base del proyecto son: la correcta forma de ejecución de cualquier labor, la capacidad de flexibilidad en un proyecto para hacer cambios ante situaciones adversas o predecir el posible impacto en el proyecto, y finalmente, ser capaces de tomar correcciones para mantener el cronograma al día.

“Es importante tener un cronograma, pero más importante es saber usarlo”

(Hinze, 1998).

Teniendo en cuenta que el cronograma de una obra o un proyecto es elaborado al momento de su planificación, se sugiere hacer un monitoreo de la obra por medio de la utilización del cronograma durante el proceso constructivo. Estos cronogramas permiten un mejor ordenamiento de todos los ítems de la estructura de trabajo, en donde, se codifica y relaciona secuencialmente los ítems con la forma de identificación de cada empresa, la cual posteriormente sirva de apoyo para la conexión de ítems en alcance, tiempo y sus respectivos costos.

Expresado de otra manera, un monitoreo adecuado trabaja en conjunto con el cronograma del proyecto, esperando así que constantemente la persona o grupo encargado de la obra se mantenga elaborando reportes precisos sobre lo que se está suscitando en la ejecución, ya sea por hitos o por ítems de la estructura desagregada de trabajo, con lo cual se permite tener mayor retroalimentación sobre el progreso de la obra. En empresas pequeñas, este monitoreo puede ser llevado visualmente por el dueño, viendo los avances físicos, generalmente cumpliendo el rol de algún residente de obra. Mientras que empresas más grandes se debe tener un formato de grabación de avances, con el apoyo de fotografías, y éstos se pueden realizar cada semana, cada dos semanas, o cada mes. En caso de contar dentro de un proyecto con centenares de ítems

en la estructura de trabajo se sugiere agruparlos en hitos o en paquetes de trabajo². (Hinze, 1998)

El siguiente punto por analizar en este seguimiento es la etapa de control, la cual es consiguiente a los resultados obtenidos dentro del monitoreo. En esta fase recae bastante responsabilidad al director del proyecto, debido a que toda decisión tomada para seguir de forma más aproximada con el cronograma puede influir directamente en los costos de la obra. En el caso de que no se pueda seguir con aproximación a la línea base del cronograma, es necesario recurrir a una reprogramación para que las actividades subsiguientes puedan ser realizadas en el su correcto plazo, pero con retraso en tiempo de entrega; estas reprogramaciones van de la mano con los flujos de caja programados dentro del proyecto, por lo tanto se deberá hacer un análisis con mayor profundidad de la ruta crítica³ dentro de la obra y así determinar si existen ítems que se podrían liquidar o no para seguir con la línea base, con la correspondida aprobación del dueño del proyecto. (Hinze, 1998)

En el control de proyectos existen recomendaciones para usar el método de la ruta crítica, en donde se evidencia por medio de una evaluación la relación de costo-beneficio de cada decisión que afecte la planificación. (Hinze, 1998)

2.1.2. Análisis de Gestión por Valor Ganado

Ahora bien, se sabe que el análisis constante dentro de cualquier proyecto es importante para no tener desviaciones considerables con la línea base planificada y poder tomar decisiones correctas con los posibles cambios requeridos que se planteen


² Paquete de Trabajo. Es usado para la agrupación de ítems o actividades a realizar en un proyecto con el objetivo de hacer un monitoreo de forma más eficaz, en menor tiempo. Es necesario tener el trabajo programado, (PMI, 2017a)


³ Ruta Crítica. “Secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto, lo cual determina la menor duración posible” (PMI, 2017a)

en un determinado momento del proyecto, sin embargo, aún no se ha especificado qué método de análisis se va a usar en los proyectos de construcción vial. En las ramas de la ingeniería se recomienda usar el método de valor ganado, el cual es un sistema muy recomendado para evaluar el progreso en curso de cualquier obra, en donde se recurre a los cronogramas valorados para realizar comparaciones con la línea base del proyecto (Phillips, 2010).

Con el análisis de valor ganado (EVA por sus siglas en inglés) se puede evidenciar el desempeño real de la construcción con lo planificado, en donde se consideran las métricas básicas como son: el alcance del proyecto, el cronograma, los costos e ingresos (PMI, 2017a). También se prevé con este análisis hacer un pronóstico de la fecha de finalización del proyecto y el costo total considerando la existencia de varianzas en tiempo y costo por ítems a lo largo de su ejecución (Bamasdoos, 2012).

Con la finalidad de efectuar el análisis EVA se requiere tener tres conceptos claves de valores financieros en los proyectos: Valor Planificado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Actual (AC) (PMI, 2017a). A medida que el trabajo se lo califica como finalizado o completado, es posible llamar al valor cobrado por la finalización del ítem o hitos como Valor Ganado (Bamasdoos, 2012).

 El valor planificado (PV) se considera a aquel presupuesto acreditado o autorizado por los dueños o fiscalizadores del proyecto para realizar las actividades programadas en la obra. En este valor es necesario no contar con los fondos de reserva para cualquier gestión dentro de la ejecución del proyecto. (PMI, 2017a)

 El valor ganado (EV) hace referencia al porcentaje representativo de trabajo completado o avanzado del ítem, paquete de trabajo o hito, con respecto a sus respectivos parámetros para ser considerados como finalizados en el proyecto (Phillips, 2010). Este valor (EV) es medido generalmente con base al presupuesto acreditado o

autorizado por los dueños del proyecto. Para su evaluación de porcentaje de avance se deben crear criterios de medición en cada proyecto para cada ítem, paquete de trabajo o hito (PMI, 2017a). A continuación, se adjuntan 2 referencias de cómo se puede determinar el valor ganado en un proyecto, donde el EV no puede exceder el BAC:

$$\blacksquare EV = (\% \text{ de Avance}) (BAC) \quad (1)$$

ó

$$\blacksquare EV = (\text{Valor Cobrado por Trabajo Realizado}) \quad (2)$$



El costo actual (AC) hace reseña al costo devengado para la realización del trabajo una vez que está ejecutado (Lledó, 2013). Este valor no es restringido con una limitante superior, por lo que el director de proyecto debe ser cuidadoso con los costos incurridos para la ejecución de algún ítem, paquete de trabajo o hito, pues el proyecto se podría desfinanciar en un determinado tiempo (PMI, 2017a). En empresas constructoras grandes este valor puede ser llevado por el área contable y financiera.

Una vez establecidos los tres conceptos fundamentales para el análisis de valor ganado es necesario proseguir con los medidores de varianza de programación o costos del proyecto en el tiempo. En estos medidores según la guía del “Project Management Institute” (PMI) pueden establecerse durante la ejecución del proyecto o al momento de su finalización. A continuación, se describen los indicadores o medidores de varianza durante la ejecución de la obra:

- Variación de Cronograma (SV, Schedule Variance):

Permite saber cuál es la diferencia existente entre el valor ganado en determinada fecha y el valor planificado dentro del proyecto, con la finalidad de interpretar el resultado y verificar si existen retrasos o adelantos en el tiempo del cronograma (PMI, 2017a). Si SV presenta resultados

negativos nos muestra que el proyecto se encuentra retrasado con respecto a lo planificado, mientras que, si SV es positivo indica que el avance realizado (conocido como EV) es mayor a lo planificado, es decir, no existen retrasos en obra.

$$\blacksquare \quad SV = EV - PV \quad (3)$$

- Variación de Costo (CV , Cost Variance):

Se refiere a la medición de la diferencia entre el valor ganado y los costos que se están suscitando dentro del proyecto, para poder determinar en qué meses existen pérdidas o ganancias (PMI, 2017a). Si CV es un resultado negativo muestra que los costos de realización del proyecto son mayores a los ingresos por el avance en obra realizado (EV), por otro lado, si CV es positivo se refiere a que los ingresos dados por EV son mayores a los costos que tiene la empresa para avanzar hasta determinado punto de comparación.

$$\blacksquare \quad CV = EV - AC \quad (4)$$

- Índice de Rendimiento del Cronograma (SPI , Schedule Performance Index):

Este indicador describe el desempeño de la empresa en el proyecto con respecto a lo que se debe tener ejecutado en el determinado momento y lo que se ha realizado realmente. Si el indicador es menor a 1 muestra que el proyecto, ítem o paquete de trabajo está atrasado; si el índice es igual a 1 se refiere a que el proyecto está justamente al límite con lo planificado del cronograma; y si es mayor a 1 se refiere a que el proyecto está adelantado con respecto a lo que se tenía planificado. (PMI, 2017a)

$$\blacksquare \quad SPI = EV / PV \quad (5)$$

- Índice de Rendimiento de Costos (CPI , Cost Performance Index):

El CPI permite ver la eficiencia de los recursos económicos dentro del proyecto. Si el indicador es mayor a 1 se refiere a que el proyecto está ganando por cada dólar usado en la obra, si es menor a 1 incurre a que se está gastando más en el proyecto de lo que se ha presupuestado, y si es igual a 1 dice que el proyecto está ajustado económicamente, pues se encuentra al límite del presupuesto, por cada dólar ganado se está invirtiendo un dólar en el proyecto. (PMI, 2017a)

$$\circ \quad CPI = EV / AC \quad (6)$$

Por otro lado, se tienen los análisis de tendencia en el análisis de valor ganado, cuyo objetivo es prever si el proyecto con los indicadores actuales de varianza está generando ganancias o pérdidas para la empresa al momento de su finalización. (PMI, 2017a)

- Estimación de Costo al momento de finalización del Proyecto (EAC, Estimate at Completion):

El estimador discurre al valor del costo total del proyecto considerando las variaciones actuales dentro del tiempo transcurrido. Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones en el cálculo: (PMI, 2017a)

- Si existe la posibilidad de que el Índice de Rendimiento de Costos (CPI) se mantenga constante hasta la finalización del proyecto, usar:

$$\quad \blacksquare \quad EAC = BAC / CPI \quad (7)$$

- Si el trabajo ha mantenido un ritmo adecuado y se espera que la proyección a futuro sea igual:

$$\quad \blacksquare \quad EAC = AC + BAC - EV \quad (8)$$

- En caso de que descarte la planificación inicial y se requiera llegar únicamente a la estimación de costo hasta finalizar el proyecto:

$$\blacksquare EAC = AC + ETC \text{ ascendente}^4 \quad (9)$$

- En caso de que los indicadores de varianza de costo y cronograma sigan influyendo en el proyecto, y se mantenga con la planificación inicial en consideración de cálculos:

$$\blacksquare EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI * SPI)] \quad (10)$$

- Estimación de Costo para la finalización del Proyecto (ETC, Estimate to Complete):

- Si el trabajo restante (EAC) está acorde a lo previsto, calcular con:

$$\blacksquare ETC = EAC - AC \quad (11)$$

- Si el trabajo restante no está acorde a lo previsto, se recomienda volver a calcular EAC con nuevos estimadores de varianza. (PMI, 2017a)

- Estimación de Presupuesto o Valor Planificado en lapsos de tiempos determinados hasta finalizar el Proyecto (BAC, Budget at Completion):

$$\circ BAC = \text{Suma de todos los presupuestos} \quad (12)$$

* *Presupuestos Iniciales y Estimados*

- Índice de Rendimiento para el Trabajo por Realizar (TCPI, To Complete Performance Index):

- En caso de buscar mantener el proyecto hasta su finalización con los costos presupuestados desde su etapa inicial: (PMI, 2017a)

$$\blacksquare TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC) \quad (13)$$

⁴ ETC Ascendente. Se considera como la suma de todos los costos estimados remanentes para finalizar el proyecto (PMI, 2017a).

- En caso de que exista un requerimiento de enfoque en la estimación de costos para terminar el proyecto (PMI, 2017a):

$$\blacksquare TCPI = (BAC - EV) / (EAC - AC) \quad (14)$$

Finalmente, una vez completado el análisis de varianzas de cronogramas y costos, los pronósticos de tiempo y costo para los meses restantes en el proyecto se infiere a hacer un pronóstico final que permitirá saber la variación final de la obra si no se realiza ninguna modificación:

- Variación de Costos en la Finalización (VAC):

Una vez completado el análisis con los requerimientos establecidos por el director del proyecto en las estimaciones, se debe prever el costo que queda por financiar para la empresa para la finalización de la obra: (PMI, 2017a)

$$\blacksquare VAC = BAC - EAC \quad (16)$$

Con el objetivo de mantener una mejor visualización de los resultados obtenidos es importante realizada con gráficas que resuman lo calculado, por tanto, Pablo Lledó (2013) recomienda usar las siguientes:

- ✓ Gráfica de EV, PV y AC (ver Figura 1):

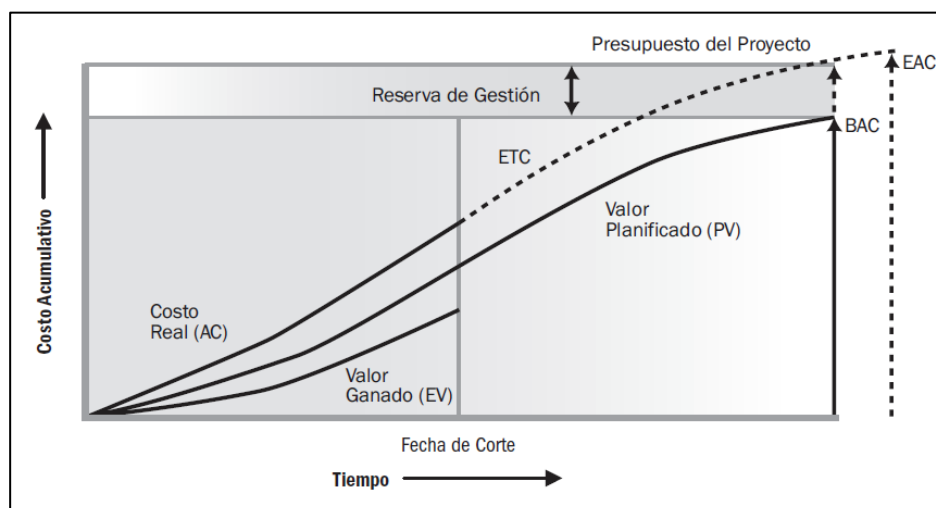


Figura 1 Gráfica de Valor Ganado, Valor Planificado y Costo Actual (PMI, 2017a)

- ✓ Análisis de Variación de Cronograma (ver Figura 2):

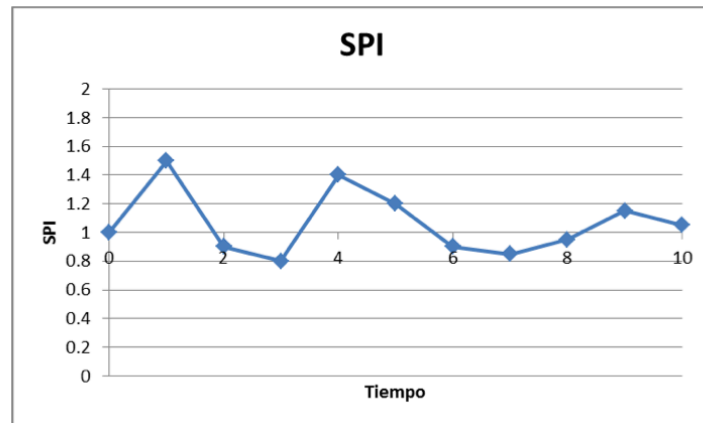


Figura 2 Índice de Rendimiento del Cronograma (Murray, 2017)

- ✓ Análisis de Variación de Costos (ver Figura 3):

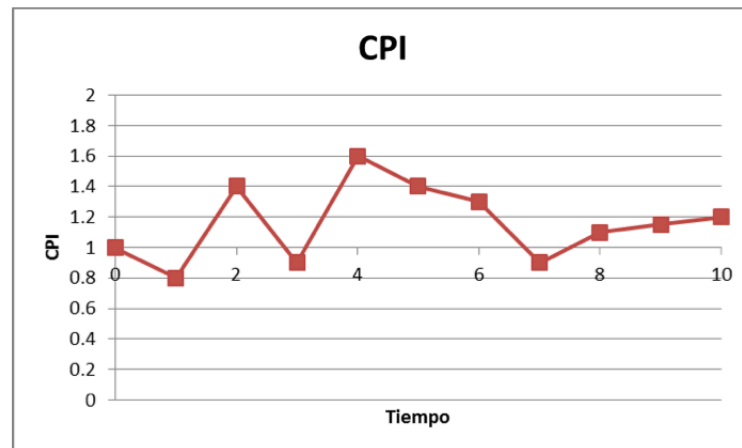


Figura 3 Índice de Rendimiento de Costos (Murray, 2017)

- ✓ Análisis de Variación de Tiempo y Costo:

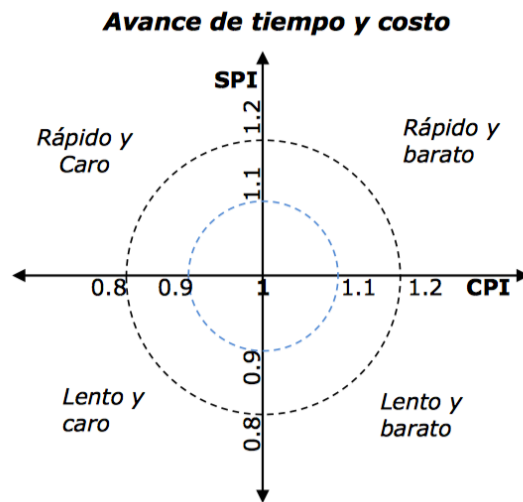


Figura 4 Relación Tiempo vs. Costo (Lledó, 2013)

Como idea complementaria, es sumamente indispensable que la empresa constructora lleve organización en las regulaciones y actualizaciones de los cronogramas y costos en cada proyecto; con costos se refiere a métodos de pago, compras realizadas para la construcción de cada ítem, intereses a las formas de financiamiento, entre otros. (Phillips, 2010)

2.1.3. Ley de Pareto

Vilfredo Federico Damaso Pareto fue un filósofo y economista del siglo XIX, quien después de varios análisis evidencia que el 80% de los resultados de cualquier proyecto eran provenientes del 20% de las acciones realizadas en el mismo. Esta regla cuasi-universal menciona un gran ahorro del uso del tiempo de personales naturales o empresas para garantizar la realización acciones necesarias en cualquier aspecto laboral o no laboral. (Xirau, 2016)

La aplicación de este principio empírico es aplicable en la actualidad para la mayoría de los proyectos de construcción, en donde el enfoque principal de monitoreo

de los gerentes o directores de obra lo destinan a los rubros principales, en lugar de controlar las decenas o centenas de rubros de los proyectos viales. En la Figura 5 se explica conceptualmente este concepto:

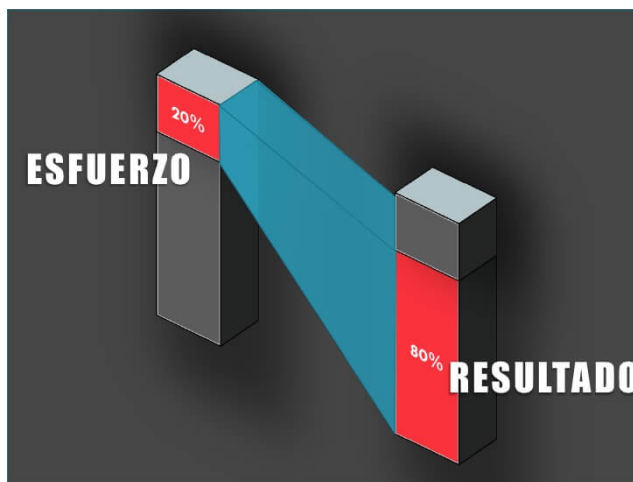


Figura 5 Concepto en Diagrama de Barras Apiladas de Ley de Pareto (González, 2016)

2.1.4. Variaciones en Contratos en Proyectos Viales en el Ecuador

En Ecuador ha sido notorio que históricamente los montos de los contratos dentro de la construcción vial varían desde el momento de su adjudicación hasta su finalización definitiva, por tanto, es necesario realizar un análisis de cómo la normativa legal permite hacer contratos complementarios con la finalidad de poder implementar en el sistema la posibilidad de que existan cambios en los proyectos:

2.1.4.1. Diferencia de Cantidades en Ecuador

Dentro de los contratos administrativos, de acuerdo con lo establecido dentro ellos, se pactan determinadas cuantías sobre los costos y precios que se derivan del contrato principal. Sin embargo, si existiese la contingencia de que estos rubros ya estipulados varíen en la ejecución del contrato, la Entidad Contratante podrá pagar dichas cantidades adicionales hasta el 5 por ciento (5%) del valor del contrato principal; caso contrario, si exceden a este porcentaje será necesario la celebración de un contrato complementario. Específicamente, la Ley

Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, en su artículo 88 establece lo siguiente:

“Art. 88.- Diferencia en cantidades de obra. Si al ejecutarse la obra de acuerdo con los planos y especificaciones del contrato se establecieren diferencias entre las cantidades reales y las que constan en el cuadro de cantidades estimadas en el contrato, la entidad podrá ordenar y pagar directamente sin necesidad de contrato complementario, hasta el cinco por ciento (5%) del valor del contrato principal, siempre que no se modifique el objeto contractual. A este efecto, bastará dejar constancia del cambio en un documento suscrito por las partes.” (SERCOP, 2008)

Adicionalmente, cuando existe esta variación de las cuantías previamente establecidas, los nuevos costos se determinarán mediante fórmulas matemáticas que constarán dentro del contrato principal; pues su precisión será fundamental para los respectivos pagos del anticipo y de las planillas de la ejecución de la obra. Esta obligación contractual lo establece el artículo 127 del Reglamento a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública al estipular que:

“Art. 127.-Reajuste en el caso de ejecución de obras.- En el caso de producirse variaciones en los costos de los componentes de los precios unitarios estipulados en los contratos de ejecución de obras que celebren las entidades contratantes, los costos se reajustarán, para efectos de pago del anticipo y de las planillas de ejecución de obra, desde la fecha de variación, mediante la aplicación de fórmulas matemáticas que constarán obligatoriamente en el contrato, en base a la siguiente fórmula general(...)”. (Presidencia Ecuador, 2009)

Por otro lado, en el supuesto de que requieran rubros nuevos dentro de la ejecución del contrato principal, y éstos no excedan el 2% del valor principal del contrato, la Entidad Contratante podrá disponer de estos gastos mediante órdenes de trabajo, tal como lo estipula el artículo 89 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2008):

“Art. 89.- Ordenes de trabajo. La Entidad Contratante podrá disponer, durante la ejecución de la obra, hasta del dos por ciento (2%) del valor del contrato principal, para la realización de rubros nuevos, mediante órdenes de trabajo y empleando la modalidad de costo más porcentaje. En todo caso, los recursos deberán estar presupuestados de conformidad con la presente Ley.”

Así mismo, de acuerdo con el artículo 87 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, si en la ejecución de la obra aparecen nuevas cuantías que no exceden el ocho por ciento (8%) del valor del contrato principal, y que no fueron estimadas previamente en el contrato, es necesario la celebración de contratos complementarios al contrato principal en donde se estipule el nuevo reajuste de precio, donde ambas partes del contrato convengan al respecto.

Por último, es importante mencionar que la suma total de las nuevas cuantías que aparecen dentro de la ejecución del contrato no podrá exceder el quince por ciento (15%) del valor del contrato principal; pues así taxativamente expresa el inciso segundo de la ley anteriormente mencionada:

“(…) La suma total de los contratos complementarios, órdenes de trabajo y diferencia en cantidades a los que se refiere este capítulo, para el caso de obras, en ningún caso excederá del quince por ciento (15%) del valor del contrato principal. (...)” (SERCOP, 2008)

2.2. Desarrollo

Considerando el uso eficiente del tiempo de los directores de proyectos o ejecutivos de empresas constructoras, es necesario implementar un sistema eficiente para el análisis gerencial de proyectos viales, para lo cual se procederá al desarrollo de un programa de fácil aplicación para el monitoreo y control de proyectos. El sistema fue programado en Microsoft Excel 2016 mediante la plataforma VBA Visual Basic. En el Apéndice A (contenido digital) se incluye una copia digital del sistema desarrollado.

2.2.1. Diseño de Panel de Control Gerencial

Dentro del sistema de monitoreo de proyectos viales se establece un panel de control de fácil y rápido acceso a la información para el usuario de la plataforma. El objetivo es mantener actualizado a los actores de toma de decisiones sobre el avance realizado, los costos incurridos y comparar con las líneas bases establecidas durante la etapa de planificación. El diseño de panel debe ser de fácil interpretación visual y que emita alertas tempranas.

En la Figura 6 se presenta el formato del panel de control propuesto, el mismo que otorgará al usuario de los datos más relevantes del proyecto vial y las métricas del Análisis del Valor Ganado. Dentro de esta interfaz es importante recalcar que el usuario tendrá la posibilidad de analizar el avance con dos opciones de valor ganado (EV): la primera en base a las planillas cobradas, y la segunda en base al registro en obra de avance físico. Para mayor entendimiento de la interfaz del panel de control referenciarse a la Figura 6 y a la Tabla 1 que explica el contenido en cada sección.

SECCIÓN 1

SECCIÓN 3

SECCIÓN 2

SECCIÓN 5

SECCIÓN 6

SECCIÓN 4

PROYECTO: EJEMPLO_001

CONTRATO No.: EJM1
 MONTO CONTRACTUAL: \$ 100,000,000.00
 ANTIPO: \$ 40,000,000.00 (EJEMPLO)

PLAZO CONTRACTUAL: 1096 DIAS
 FECHA INICIO: 29/3/2016
 FECHA FIN: 30/3/2019

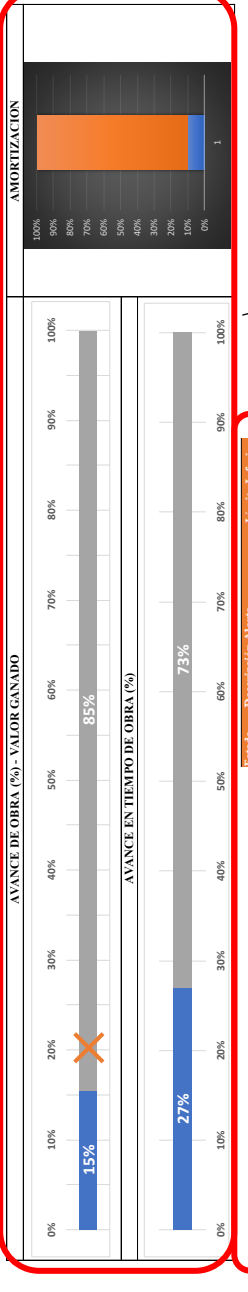
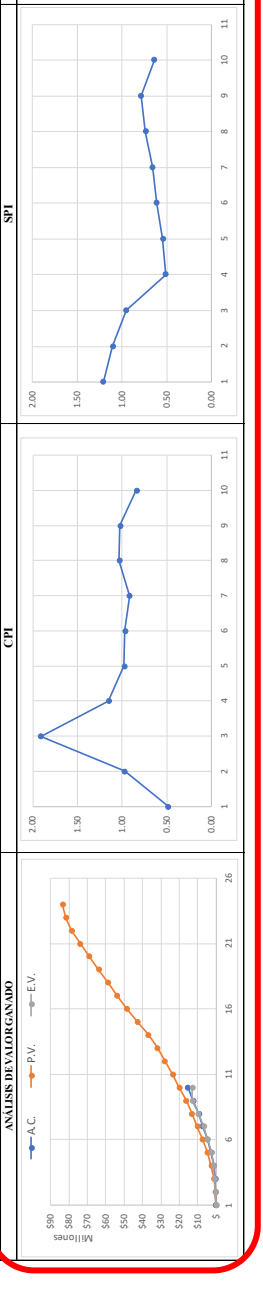
MES INFORME: 10mo MES
 ÚLTIMA PLANILLA: 10
 CÓDIGO PROYECTO: EJM_01

AVANCE PROYECTO (%)	Presupuesto		Ganado		Real		Variación Planificación		Variación Costo		Ponderico	
	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	10mo MES	37avo MES
15%	\$ 20,164,083.24	\$ 12,952,254.53	\$ 15,411,906.24	\$ -7,211,828.71	\$ 0.64	\$ -2,459,653.70	0.84	\$ 130,921,682.16	146,353,590.39	\$ -46,353,590.39	0.5398	1.0361

PANEL DE NAVEGACIÓN

REVISIÓN O INGRESO DE INFORMACIÓN

COSTOS ACTUALES (AC)	REGISTRAR AVANCE FÍSICO POR MES EN PAQUETES DE TRABAJO
VALOR PLANIFICADO (PV)	CRITERIOS DE AVANCE POR PAQUETES DE TRABAJO
VALOR GANADO (EV) - REGISTRO AVANCE FÍSICO	INDICADORES POR MES
VALOR GANADO (EV) - PLANILLAS SCORRIDAS	



Estado	Descripción Alerta	Límite Inferior
Verde	FACIL COMPLETAR	i>100
Amarillo	OK! ESTAMOS BIEN!	i=100
Naranja	REVISIÓN RÁPIDA!	0.8 < i < 1.0
Rojo	URGENTE! DIFÍCIL COMPLETAR!	i < 0.8

Métrica

Métrica	Descripción de Indicadores
EAC	Costo Final Estimado para Terminar el Proyecto
PV	Valor Planeado
EV	Valor Ganado
AC	Costo Actual
VAC	Variación del Presupuesto Final para Completar Proyecto
SV	Variación en Cronograma
CV	Variación en Costo
CPI	Índice de Eficiencia de Costos
SPI	Índice de Eficiencia de Cronograma
BAC	Valor Planeado para Completar Proyecto
ETC	Costo Estimado para Finalizar el Proyecto
TCPI	Índice de Eficiencia para Finalizar el Proyecto

Figura 6 Diseño del panel de control (ver Tabla 1).

Tabla 1 Descripción de Secciones señaladas en Panel de Control (Figura 5).

<u>No. SECCION</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Sección 1	Información Relevante del Proyecto
Sección 2	Indicadores de Avance y Desempeño del Proyecto + Lista de Opción para Análisis de Valor Ganado.
Sección 3	Panel de Navegación entre Pestañas Importantes
Sección 4	Descripción de Datos
Sección 5	Gráficos de Avance de Obra
Sección 6	Gráficos de Análisis de Valor Ganado

Para un entendimiento más preciso del contenido expuesto en la Figura 6 a continuación se describe cada sección:

- Sección 1: Esta área contiene el nombre del proyecto, el número del contrato establecido en la entidad contratante, el monto del contrato, el anticipo otorgado para la ejecución, el plazo contractual, fecha de inicio y fin, el mes de informe, última planilla aprobada y finalmente el código que la empresa contratista establece al proyecto para control interno. Algunos de estos datos en la sección 1 serán ingresados una sola vez de forma manual por el usuario.
- Sección 2: Lo comprendido en esta zona está subdividido en 2 partes:
 - Parte Superior: Indicadores del progreso del proyecto (ver sección 2.1.2), tales como: porcentaje de avance del proyecto, valor planificado (PV a la fecha de análisis), valor ganado (EV a la fecha de análisis), costo actual en la empresa (AC a la fecha de análisis), valores de varianza de planificación (SV) y costo (CV) hasta el último mes, indicadores de desempeño en planificación (SPI) y costo (CPI) del último mes, estimaciones de costo hasta la finalización del proyecto (ETC, EAC, VAC) e índices esperados de desempeño acorde al presupuesto final o estimación a la finalización (TCPI para EAC y TCPI para BAC).
 - Parte Inferior: Lista de opción para elegir el tipo de análisis de valor ganado; en base a la evaluación de avance físico registrado por el director de proyecto para los rubros más importantes (Ley Pareto) o en base a las planillas cobradas.
- Sección 3: Panel de navegación del usuario para ir a las pestañas de mayor interés del programa.

- Sección 4: Descripciones de las abreviaciones usadas en el programa y alertas tipo semáforo para el usuario.
- Sección 5: Diagrama de barra para el avance físico del proyecto, con la respectiva opción de análisis de valor ganado, marcado con X el valor planificado a la fecha de informe; diagrama de barra para evidenciar el progreso en el tiempo y gráfico para observar el avance de la amortización para anticipo entregado en el proyecto.
- Sección 6: Gráficos de dispersión correspondientes al análisis de valor ganado (AC, PV, EV), índice de rendimiento de costos (CPI), índice de rendimiento de planificación (SPI) y relación CPI-SPI. (ver definiciones en sección 2.1.2)

2.2.2. Diseño y Uso de Bases de Datos

Por otro lado, para el correcto uso del sistema se establecen formatos de ingreso de información para las bases de datos de la teoría de análisis por valor ganado; para lo cual se incurre al uso de 4 bases de datos: base para Costos Actuales del Proyecto, base para Valor Planificado, base para Valor Ganado – opción 1 (Información de Planillas Cobradas), base para Valor Ganado – opción 2 (Registro de avance físico del proyecto). A continuación, se adjunta el formato y procedimientos de uso de las bases de datos:

2.2.2.1. Base de Datos de Valor Planificado

En el presente trabajo de titulación se considera al valor planificado como el flujo de ingresos dentro del proyecto con las posibles planillas a cobrar, establecidas en los cronogramas valorados de los proyectos. A continuación, se adjunta el esquema de los pasos para el ingreso de información:

1. Se copia y pega manualmente el cronograma valorado del proyecto en la pestaña Base PV desde la celda C5, véase en Figura 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	BASE DE DATOS DE VALOR PLANIFICADO - CRONOGRAMA VALORADO								
2									
3									
4	CODIGO TRAMO	CODIGO EDT	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL	1	2	3
5									
6									
7									
8									

Figura 7 Esquema de Base de Datos para Valor Planificado (PV)

2. Se eliminan las filas vacías que generalmente existen por formato en los cronogramas valorados de los proyectos.

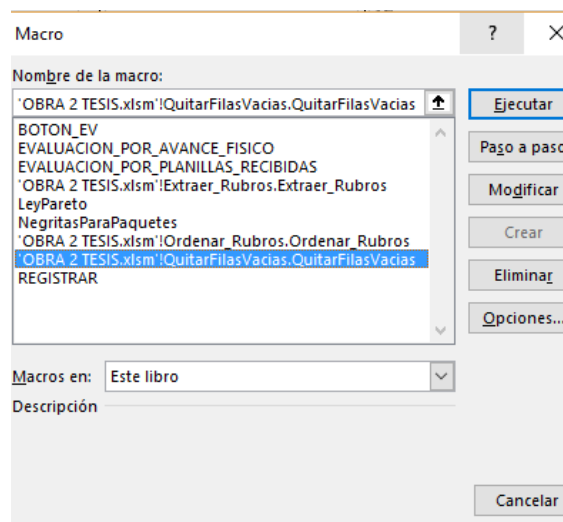


Figura 8 Macro para Quitar Filas Vacías

3. Se identifican los paquetes de trabajo y sub-paquetes para una posterior codificación de estos con los rubros del proyecto.

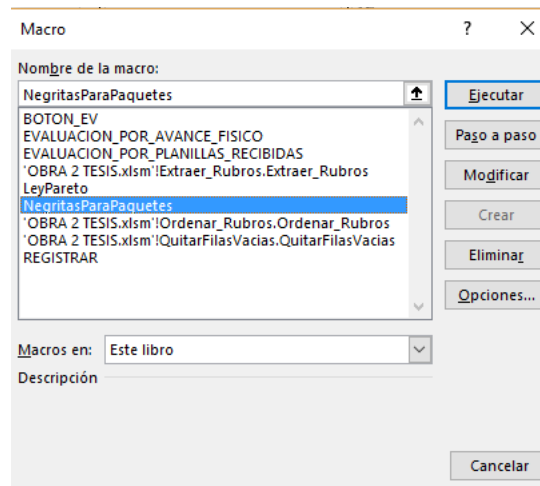


Figura 9 Macro para Identificar Paquetes o Sub-paquetes de Trabajo

4. Posteriormente, se establece el código EDT de los rubros, sub-paquetes y paquetes del proyecto. En base a la tipología vial del proyecto se establecen los paquetes típicamente bajo tramos.

CODIGO TRAMO	CODIGO EDT	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL	1
10.01	10.01	MITIGACIÓN ABCISCA 0+640 HASTA 0+880				
10.01	10.01.01	Excavación sin clasificación. Incl. Corte de Carpeta o Losa	5807.20	\$	3.13	\$ 18,176.54 0.00
10.01	10.01.02	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500 mts.) (Depósito en Stock del material del terraplén existente para su reutilización) 5 Km	11614.40	\$	0.42	\$ 4,878.05 0.00
10.01	10.01.03	Terraplén con Material Recuperado de la vía Existente para reconformación de la Plataforma de la Vía (Mezclado, Tendido e Hidro-compactado)	2376.00	\$	2.50	\$ 5,940.00 0.00
10.01	10.01.04	Transporte del Material Proveniente del Stock del Material Recuperado del Terraplén Existente 5 Km	4752.00	\$	0.42	\$ 1,995.84 0.00
10.01	10.01.05	Pedraplen (Piedra bola 25-30cm)	350.00	\$	17.78	\$ 6,223.00 0.00
10.01	10.01.06	Transporte de material libre en (Estradas de transporte 70-80 km)	8050.00	\$	0.33	\$ 2,656.50 0.00

Figura 10 Ejemplo Finalizado para Base de Datos de Valor Planificado

2.2.2.2. Base de Datos de Costo Actual

El costo actual del presente trabajo está dado por el control de gastos de los proyectos en la empresa constructora. Dependiendo de la estructura organizacional de las empresas, estos datos de gastos lo pueden otorgar departamentos como contabilidad o puede existir registro de uso de materiales como por parte de bodegaje, entre otras metodologías.

A continuación, se adjunta el esquema usado para los proyectos viales en el presente trabajo de titulación, en donde se puede ingresar directamente el costo mensual, o de forma subdividida. En base a los datos brindados de las

empresas CONSERMIN S.A. y Consorcio Spondylus se concluye que los costos reales del proyecto no son a detalle, por lo que se adoptó esta base de datos según la división proveída: “GASTOS”, se refiere a los gastos generales, tales como administrativos, de trámites, u otros; “OVERHEAD”, describiendo a los costos indirectos de ejecución de la obra; “COSTOS”, costos directos de la empresa en el proyecto; “EQUIPO PROPIO”, costo de uso de las maquinarias propias de la empresa.

BASE DE DATOS DEL COSTO ACTUAL									
CÓDIGO PROYECTO	DESCRIPCIÓN PROYECTO		mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep
		GASTOS							
		OVERHEAD							
		COSTOS							
		EQUIPO PROPIO							
		COSTO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Figura 11 Base de Datos para Costos Actuales

2.2.2.3. Base de Datos de Valor Ganado

El valor ganado para el sistema desarrollado considera el uso de las planillas mensuales y cobradas dentro de cada proyecto, y además brinda la opción al usuario de deslindar el avance de los costos por medio de una evaluación de avance físico en campo de los rubros considerados más importantes en el proyecto (Ley de Pareto).

2.2.2.3.1. Base para Evaluación por Planillas Cobradas (EV1)

La actualización de esta base de datos se explica a continuación:

1. La pestaña COD_PLANILLA (refiérase a Figura 12) es una ventana auxiliar del sistema, que permite actualizar la información de BASE_E.V.1 de forma automática. Se debe realizar únicamente una actualización en el mes

correspondiente con la dirección de la planilla del mes, señalando cualquier celda del mes a actualizar y reemplazar lo visto en la Figura 12 con la matriz a buscar en la hoja de cálculo de la planilla y la columna esperada del resultado a encontrar, considerando el código de la planilla como la primera columna. Refiérase a Figura 13 para ver la dirección de reemplazo. Esta modificación es necesaria realizarla únicamente una vez en el mes correspondiente y en cualquier celda del mes, las demás celdas se actualizan automáticamente.

CODIGO EN PLANILLA	CÓDIGO PAQUETE DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN PAQUETE DE TRABAJO	CÓDIGO RUBRO	DESCRIPCIÓN					
	10.01	MITIGACIÓN ABCISCA 0+640 HASTA 0+880							
303-2 (1) E1g			10.01.01	Excavación					
309-2(2)			10.01.02	Transporte					
402-2 (1)E 2c			10.01.03	Terraplén c					
309-6(5)E			10.01.04	Transporte					
508. a E 1a			10.01.05	Pedraplen (
309-6(5)E			10.01.06	Transporte					
606-1(2)			10.01.07	Material filtr					
309-6(5)E			10.01.08	Transporte					
402-7 (2)			10.01.09	Geotextil (s					
403-1E			10.01.10	Sub-base C					
309-6(5)E			10.01.11	Transporte					
404-1 a			10.01.12	Base, Clase					
309-6(5)E			10.01.13	Transporte					
405-1(1)			10.01.14	Asfalto MC					
405-2 (1)			10.01.15	Asfalto dilu					
405-5 (1)			10.01.16	Capa de roc					
309-6(4)E			10.01.17	Transporte					
MR-112			10.01.18	Sellado de f					
301-3 (1)			10.01.19	Remoción c					
303-2 (2) E 1f			10.01.20	Excavació					
402-2 (1) 1f			10.01.21	Relleno de l					
511-1(4)d			10.01.22	Revestimier					
MR-112 E (2c)			10.01.23	Sellado de					
705-(1)aa			10.01.24	Marcas de p					
705-(1)b			10.01.25	Marcas de p					
705-(4)			10.01.26	Marcas Sob					
MR-133. (4)E			10.01.27	Mantenimie					
	10.02	MITIGACIÓN ABCISCA 1+460 HASTA 1+540							
MR-113			10.02.01	Bacheo asf					
MR-112 E (2c)			10.02.02	Sellado de					
MR - 001 E 2a			10.02.03	Pesado c					
309-6(4)E			10.02.04	Transporte					
301-3 (1)			10.02.05	Remoción c					
303-2 (2) E 1f			10.02.06	Excavació					
402-2 (1) 1f			10.02.07	Relleno de l					
511-1(4)d			10.02.08	Revestimier					
	10.03	MITIGACIÓN ABCISCA 1+540 HASTA 1+740							
301-3 (1)			10.03.01	Remoción c					
303-2 (1) E1g			10.03.02	Excavación					
309-2(2)			10.03.03	Transporte					
402-2 (1)E 2c			10.03.04	Terraplén c					
309-6(5)E			10.03.05	Transporte					
508. a E 1a			10.03.06	Pedraplen (
309-6(5)E			10.03.07	Transporte					
606-1(2)			10.03.08	Material filtr					
309-6(5)E			10.03.09	Transporte					
402-7 (2)			10.03.10	Geotextil (s					
402-2 (1)			10.03.11	Mejoramien					
309-6(5)E			10.03.12	Transporte					
	PANEL.CONTROL	AMORT.ANTICIPO	ANALISIS.MES	RESUMEN.MES	BASE_A.C.	BASE_P.V.	LEY.PARETO	COD_PLANILLA	BASE_E.V.1

Figura 12 Formato de pestaña auxiliar COD_PLANILLA para actualización de BASE_E.V.1

CÓDIGO RUBRO	DESCRIPCIÓN RUBRO	1	2	3
17.01.01.01.01	LETREROS PARA IDENTIFICACIÓN DE OBRA	0	0	0
17.01.01.01.02	CAMPAMENTO	400	0	0
17.01.01.02.01	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	0	104	259.14
17.01.01.02.02	BATERIAS SANITARIAS	0	2	6

Figura 13 Esquema de datos a reemplazar con matriz de planilla correspondiente al mes para BASE_E.V.1

2. Con lo expuesto en el anterior punto se encuentra actualizada por mes la base de datos de valor ganado para la opción 1, la misma que corresponde al análisis por planillas cobradas (BASE_E.V.1).

2.2.2.3.2. Base para Evaluación por Avance Físico (EV2)

El sistema adicionalmente ofrece la oportunidad de establecer criterios de evaluación del Valor Ganado en base al avance físico registrado por el director o delegado de él en el proyecto. Se ha observado que en proyectos viales la regla del 80/20 establecida por Pareto también es útil para este tipo de análisis, por lo cual se establece el chequeo de los rubros correspondientes al 80% del presupuesto. El enfoque principal del monitoreo para los directores o gerentes de proyectos debe estar en estos rubros. Sin embargo, esto no determina que el resto de los rubros no deba controlarse tanto en costos como en tiempo de ejecución. A continuación, se adjuntan los pasos para actualizar esta segunda base de datos de valor ganado (BASE_E.V.2):

1. En la pestaña LEY.PARETO se hace clic en “EXTRAER RUBROS” (Refiérase a Figura 14) para copiar los rubros, su importancia de

ponderación considerando el costo total planificado del proyecto (%BAC) y con sus respectivos códigos EDT y de tramo.

2. Posteriormente, se ordenan descendientemente los rubros en cuanto al porcentaje de relevancia o importancia en el proyecto, considerando la ponderación del BAC, ver botón 2 en Figura 14.
3. Luego, se aplica la ley de Pareto para elegir a la representación estimada del 80% con los rubros del presupuesto, pintando de amarillo, ver botón 3 en Figura 13. Automáticamente, se ordena nuevamente, pero en orden ascendente con respecto al código EDT, con la finalidad de que el usuario pueda ver los rubros importantes.
4. Con los rubros más importantes establecer en la pestaña CRITERIO_AVANCES_MES cómo se clasificarán los paquetes de trabajo, ver Tabla 2 como ejemplo de parámetros de calificación de avance para 5%, 25%, 50%, 75%, 95% y 100%.
5. Con los establecido en el punto anterior se actualizarán los paquetes en la pestaña REGISTRAR_MES_E.V., cuya finalidad tiene actualizar la tabla establecida colocando el mes con el respectivo avance realizado en el paquete (ver Figura 14).

MES INFORME:				SUMA PARETO:
CODIGO TRAMO	CODIGO EDT	RUBRO	% RELEVANCIA	80%
<div style="border: 1px solid green; width: 100%; height: 100%;"></div>				<input type="button" value="EXTRAER RUBROS"/> <input type="button" value="ORDENAR RUBROS"/> <input type="button" value="Selección Rubros por Ley de Pareto"/>

Figura 14 Esquema para aplicación de Ley de Pareto

Tabla 2 Ejemplo de descripción para cualquier paquete o sub-paquete de trabajo

EJEMPLO DE CRITERIOS:		% DE AVANCE					
RUBRO	0%	5%	25%	50%	75%	95%	100%
BASE CLASE 1	NO EMPEZADO	LABOR INICIADA	25% DEL ABCRIBADO COLOCADO Y COMPACTADO ADECUADAMENTE APROBADO POR FISCALIZACION	50% DEL ABCRIBADO COLOCADO Y COMPACTADO ADECUADAMENTE APROBADO POR FISCALIZACION	75% DEL ABCRIBADO COLOCADO Y COMPACTADO ADECUADAMENTE APROBADO POR FISCALIZACION	100% DEL ABCRIBADO COLOCADO Y COMPACTADO ADECUADAMENTE APROBADO POR FISCALIZACION	RUBRO FINALIZADO Y APROBADO POR FISCALIZACION
BORRADO DE MARCAS VIALES	NO EMPEZADO	LABOR INICIADA	LIMPJEZA DEL 25% DE MARCAS EN VIA	LIMPJEZA DEL 50% DE MARCAS EN VIA	LIMPJEZA DEL 75% DE MARCAS EN VIA	LIMPJEZA DEL 100% DE MARCAS EN VIA. FALTAN PEQUEÑOS TRABAJOS	RUBRO FINALIZADO Y APROBADO POR FISCALIZACION
PAVIMENTO	NO EMPEZADO	LABOR INICIADA	25% DEL ABCRIBADO TIENE ADECUADA CAPA DE CAPA DE RODADERA ASFALTICA COMPACTADA. SIN PROBLEMAS VISIBLES	50% DEL ABCRIBADO TIENE ADECUADA CAPA DE CAPA DE RODADERA ASFALTICA COMPACTADA. SIN PROBLEMAS VISIBLES	75% DEL ABCRIBADO TIENE ADECUADA CAPA DE CAPA DE RODADERA ASFALTICA COMPACTADA. SIN PROBLEMAS VISIBLES	100% DEL ABCRIBADO TIENE ADECUADA CAPA DE CAPA DE RODADERA ASFALTICA COMPACTADA. SIN PROBLEMAS VISIBLES	RUBRO FINALIZADO Y APROBADO POR FISCALIZACION

NOTA:

Colocar mes de trabajo con formato numeración (1,2,3,...n) en los % de Avance.

PAQUETE	% DE AVANCE					
	5%	25%	50%	75%	95%	100%

Figura 15 Asignación de avances para paquetes de trabajo

6. Una vez actualizada la tabla de la Figura 15 con los respectivos meses y porcentajes de avance establecidos en hitos se actualiza la matriz de porcentajes para paquetes de trabajo (ver ejemplo Figura 16).

2.2.3. Generación de Alertas e Informes

El análisis de valor ganado permite ver el desempeño del proyecto con indicadores, por lo tanto, es imprescindible plantear alertas de fácil entendimiento al usuario para que identifique el tipo de decisión temprana que se debe tomar. En caso de no tomar decisiones a tiempo podrían generarse dentro del proyecto problemas mayor magnitud, hasta tener la posibilidad de ser irremediables. En seguida se establece en la Figura 17 cómo el avance físico del proyecto se colorea dependiendo del porcentaje registrado; en la Figura 18 se dispone de los colores respectivos, tipo semáforo para alertar al director sobre los indicadores de desempeño CPI y SPI; y en la Figura 19 se evidencia un ejemplo de uso de estas alertas tempranas en el sistema.

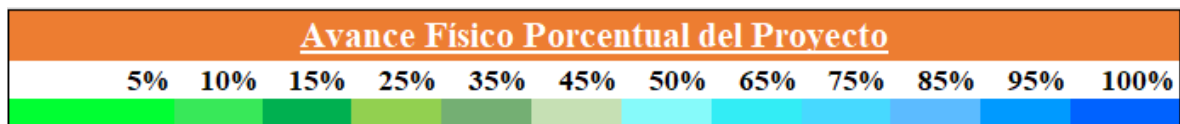


Figura 17 Descripción de Avance Físico por Color

Estado	Descripción Alerta	Límite Inferior
Verde	FACIL COMPLETAR!	$i > 1.00$
Amarillo	OK! ESTAMOS BIEN!	$i = 1.00$
Naranja	REVISION RAPIDA!	$0.8 \leq i < 1.0$
Rojo	URGENTE! DIFICIL COMPLETAR!	$i < 0.8$

Figura 18 Alerta tipo semáforo para indicadores

AVANCE PROYECTO (%)	PV	EV	AC	SV (\$)	SPI	CV (\$)	CPI
13%	\$ 20,164,083.24	\$ 12,952,254.53	\$ 15,411,908.24	\$ -7,211,828.71	0.64	\$ -2,459,653.70	0.84

Figura 19 Ejemplo de Alertas e Informes en el Sistema

2.2.4. Implementación del Sistema en Dos Proyectos Viales Reales

La implementación del sistema tiene con objetivo corroborar su correcto funcionamiento para el presente trabajo de titulación, por tal motivo a continuación se adjunta el análisis de 2 proyectos reales de construcción vial en ejecución:

2.2.4.1. Proyecto 1 - Construcción del Proyecto Tramo de Acceso al Puerto de Manta, Redondel del Imperio - Colisa, Ubicado en la Provincia de Manabí.

El presente proyecto fue adjudicado a la empresa “Construcciones y Servicios De Minería CONSERMIN S.A.” en marzo del año 2017, con un plazo de 730 días, monto contractual de \$83´627,515.63, contratado por la entidad Ecuador Estratégico. En la actualidad el proyecto se encuentra en ejecución, sin embargo, la información disponible fue hasta el mes 9.

Adicionalmente, se menciona que el anticipo otorgado fue del 50% del monto contractual.

Luego del ingreso de información correspondiente (ver parte de proceso en Tablas 3, 4, 5 y 6), se obtuvo una evaluación de Valor Ganado por planillas recibidas, refiérase a Figura 20, en donde se evidencia un apropiado manejo de los costos en la dirección del proyecto dado por el indicador CPI. Sin embargo, existe un retraso importante con respecto a la planificación, denotado por el SPI, por lo que se recomienda tomar medidas correctivas de urgencia. El avance del proyecto se encuentra en un 15.0% cuando debería estar cerca del 20.0%. Por otro lado, la estimación de costo para completar el trabajo (EAC) predice que existirá un ahorro de 0.35% al momento de finalizar la obra, si se tratase de cumplir con esta estimación, en base a los costos actuales y el valor ganado se obtendría un indicador de desempeño

hasta completar el proyecto (TCPI) de 1.0000, mostrando un fácil cumplimiento del mismo; sin embargo, en Ecuador se busca generalmente llegar a lo establecido contractualmente de presupuesto (BAC), obteniendo un TCPI de 0.9956, lo que establece su realización es factible (ver definiciones de TCPI en sección 2.1.2 para BAC y EAC).

Adicionalmente, se evidencia que la amortización del anticipo se encuentra cerca del 15%, es decir, del anticipo que fue otorgado por la entidad contratante al contratista (50% del monto del contrato) actualmente alrededor del 15% ya fue devengado con la construcción del proyecto vial.

Finalmente, con la relación CPI vs SPI de la Figura 18 se observa que el proyecto está en avance lento con respecto al planificado, sin embargo, su ejecución se ha mantenido en costos de buena forma, no existe considerable desviación de gastos en los rubros realizados (refiérase a Figura 4).

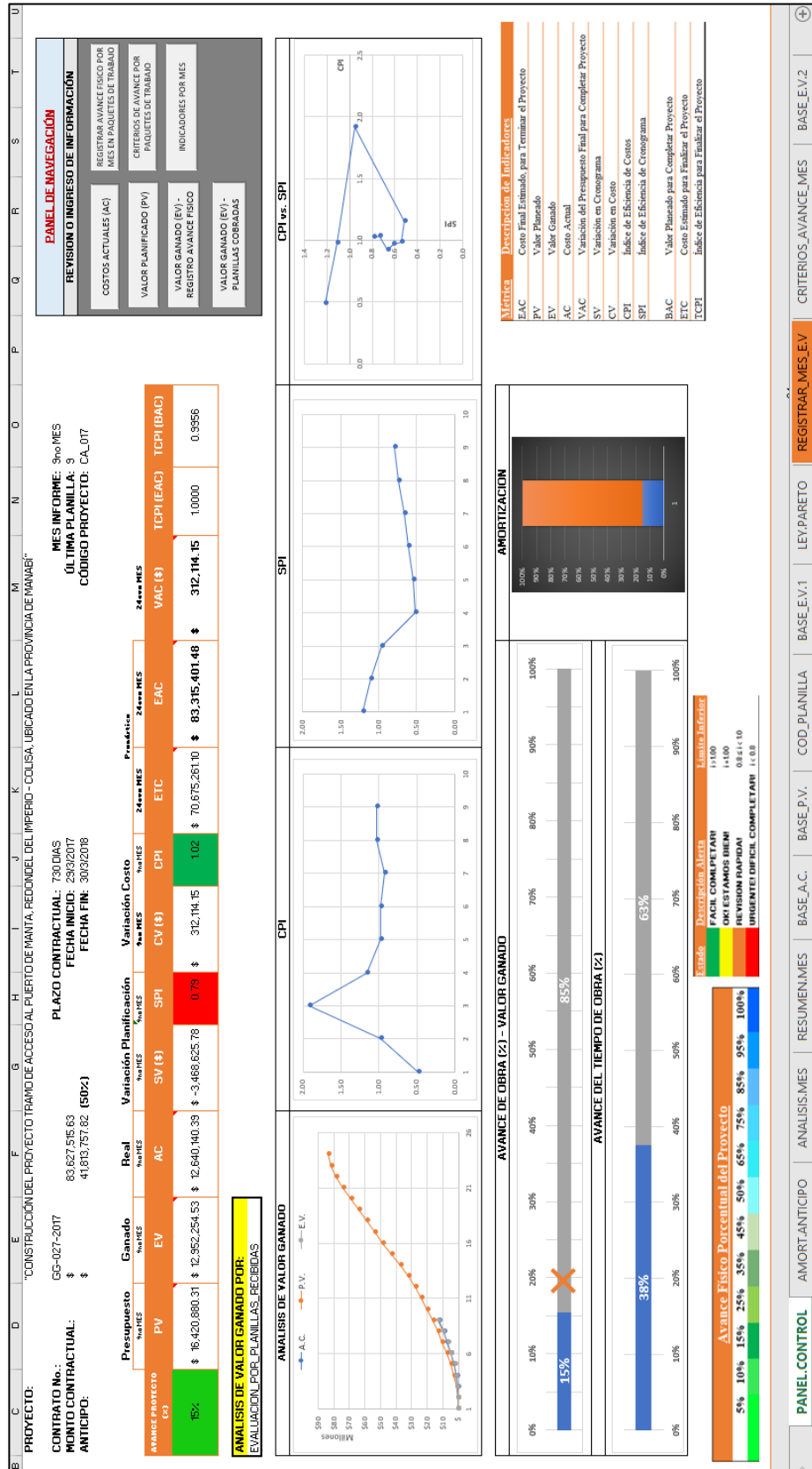


Figura 20 Resultado del sistema para proyecto 1 - Construcción del Proyecto Tramo de Acceso al Puerto de Manta, Redondel del Imperio - Colisa, Ubicado en la Provincia de Manabi.

2.2.4.2. Proyecto 2 - Obra de reparación emergente de la vía Manta-San mateo, de 9 km de longitud ubicado en la provincia de Manabí.

Este segundo proyecto para analizar se adjudicó al contratista “Consortio SPONDYLUS” en septiembre del año 2016, con un plazo de 180 días por la entidad contratante Ministerio de Transporte y Obras Públicas, y un monto contractual de \$2'135,338.32; en la actualidad se encuentra en paralización debido a problemas técnicos imprevistos que requieren de una reprogramación y nuevos presupuestos para su finalización. Sin embargo, para el análisis se contó con información de ejecución hasta el mes 5.

Una vez realizado el ingreso de información referente al proyecto (ver parte de proceso en Tablas 7, 8, 9 y 10), se obtiene una evaluación de Valor Ganado por planillas recibidas, refiérase a Figura 21, en donde existe un correcto uso de los costos en la dirección del proyecto dado por el indicador CPI. No obstante, se evidencia una demora remediable con respecto a la planificación, pero que necesita ser atendida con la proximidad del caso, expresado por el SPI. El avance del proyecto se encuentra en un 51% cuando debería estar cerca del 60%. Por otro lado, la estimación de costo para completar el trabajo (EAC) predice que existirá un ahorro de 7.96% al momento de finalizar la obra. Si se tratase de cumplir con EAC para la finalización del proyecto, en base a los costos actuales y el valor ganado se obtendría un indicador de desempeño hasta completar el proyecto (TCPI) de 1.0000, mostrando un fácil cumplimiento del mismo; sin embargo, en Ecuador se busca generalmente llegar a lo establecido contractualmente en el presupuesto (BAC), razón por la cual se obtiene un índice TCPI de 0.8607, lo

que establece que es aún más fácil de terminar el proyecto con BAC que con EAC (ver definiciones de TCPI en sección 2.1.2 para BAC y EAC).

Adicionalmente, se evidencia que la amortización del anticipo se encuentra cerca del 50%, es decir, del anticipo que fue otorgado por la entidad contratante al contratista (50%) está amortizado al mes 5 alrededor del 50%.

Finalmente, con la relación CPI vs SPI de la Figura 19 se observa que el proyecto está en avance lento con respecto al cronograma, pero se mantiene en índices económicos buenos, debido a que su ejecución se mantiene en precios inferiores a lo esperado (refiérase a Figura 4).

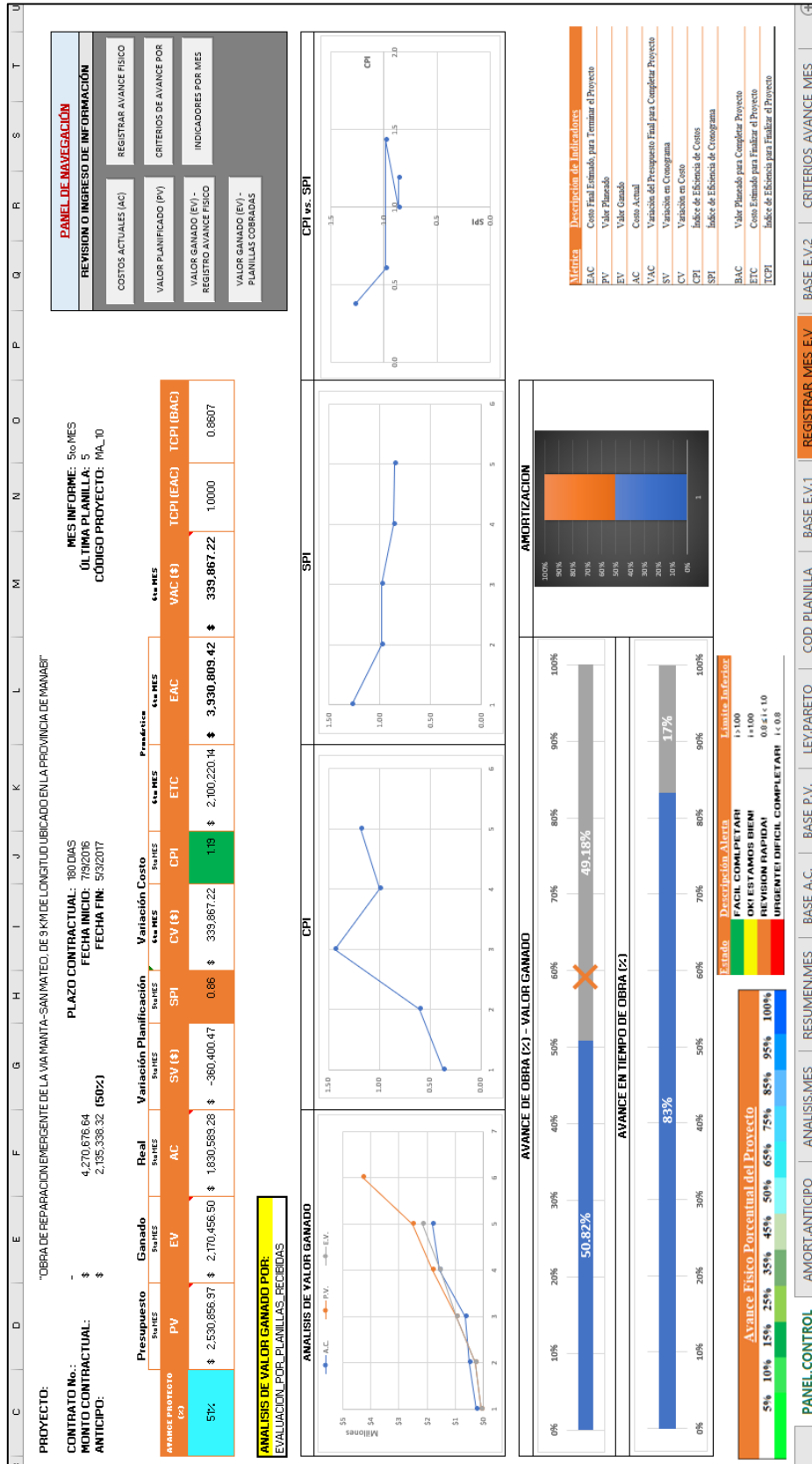


Figura 21 Resultado del sistema para proyecto 2 - Obra de reparación emergente de la vía Manta-San mateo, de 9 km de longitud ubicado en la provincia de Manabi.

3. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de titulación se desarrolló un sistema para el monitoreo y control de proyectos de construcción viales. El sistema se programó en una hoja de calculo disponible comercialmente y de amplio uso en Ecuador. El panel provee de información contractual relevante, realiza control mediante el Análisis del Valor Ganado (EVA), y emite alertas tempranas para la oportuna toma de decisiones del patrocinador, o directores de proyectos.

Con la realización del sistema de control de proyectos viales se ha podido evidenciar la importancia que recae saber monitorear los gastos, ingresos y avances físicos dentro de cualquier obra. Es evidente que la teoría del análisis de valor ganado es recomendable para tener una visión clara y rápida de lo registrado durante la ejecución de proyectos, pues permite saber y alertar al director de proyectos o al gerente de la empresa sobre variaciones en costos y retrasos de tiempo.

Adicionalmente, los directores o gerentes de proyectos y empresas requieren de la información otorgada por estos controles de forma rápida y resumida para poder tomar decisiones correctivas oportunas. Por tal motivo, la automatización de sistemas de análisis de valor ganado es de suma importancia para el ahorro de tiempo en realización de informes y toma de decisión. La herramienta Microsoft Visual Basic en conjunto con Excel son de gran potencial para la implementación de sistemas descritos en este trabajo de titulación en empresas consultoras y constructoras de proyectos viales.

Se ingresó información real de dos proyectos de construcción real. Dentro de los resultados obtenidos con el sistema de control se observó que los proyectos analizados presentan un correcto manejo de costos, pues indicadores como el TCPI para BAC y el CPI presentan viabilidad económica en su ejecución; sin embargo, los dos proyectos mantienen

retrasos físicos en el tiempo, en base al valor ganado (EV1) de las planillas cobradas, el indicador SPI lo describe.

En relación con el manejo de información, como el cronograma valorado, planillas y costos, se recomienda fuertemente tenerla previamente establecida en formatos de Excel y de forma simplificada para una correcta lectura del sistema; en caso de no disponer de la información de la forma mencionada existirían problemas de tiempo para la realización de informes y alertas de los proyectos por organización e ingreso de datos.

Se concluye que para un adecuado análisis de valor ganado en obras viales las empresas deben mantener un constante monitoreo de costos que incurren su realización y gastos generales de la empresa, por esta razón es recomendable, para futuras mejoras al sistema de control establecido en este trabajo de titulación, realizar un sistema integral actualizable con los costos de utilización de recursos como equipos, materiales y mano de obra dentro de la empresa en un menor rango tiempo, tal como: diario, semanal o quincenal; buscando así mayor eficiencia y eficacia en el uso de los recursos.

Finalmente, se recomienda fuertemente a los usuarios del sistema a implementar un sistema de evaluación del avance físico de cada paquete de trabajo, en base al cumplimiento de hitos. Esto permitirá obtener el Valor Ganado (EV) de una manera objetiva y oportuna. Igualmente, sería de mucha utilidad llevar un buen registro del Costo Actual (AC) por paquetes de trabajo para poder eventualmente realizar un control por tramos o sub-paquetes.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bamasdoos, A. B. (2012). *Earned Value Analysis - EVA*. Morgantown: AACE International.
- González, P. (18 de diciembre de 2016). *La mente es Maravillosa*. Obtenido de Utiliza el principio de Pareto para ser más productivo:
<https://lamenteesmaravillosa.com/principio-de-pareto-exito-menos-esfuerzo/>
- Hinze, J. (1998). *Construction Planning and Scheduling*. (E. Francis, Ed.) New Jersey, New York, EE.UU.: Prentice-Hall.
- Lledó, P. (2013). *Administración de Proyectos: El ABC para un Director de Proyectos exitoso* (Tercera ed.). (P. Lledó, Ed.) Victoria, BC, Canadá: PL.
- Murray, D. (2017). *Sistema de control de proyecto de la construcción de la Estación Jipijapa y segmento del túnel del Metro de Quito mediante el Análisis de Valor Ganado*. Universidad San Francisco de Quito, Colegio Politécnico - Carrera de Ingeniería Civil, Quito.
- Núñez, A. (2015). *Dirección de Operaciones: Decisiones tácticas y estratégicas* (Primera ed.). Barcelona, España: UOC.
- Phillips, J. (2010). *IT Project Management*. New York, NY: McGraw-Hill, Inc.
- PMI. (2017a). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)* (Sexta ed.). Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2017b). *El Estándar para la Dirección de Proyectos*. Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- Presidencia Ecuador. (12 de Mayo de 2009). *Reglamento a la Ley Orgánica Sistema Nacional de Contratación Pública*. Obtenido de Decreto Ejecutivo No. 1700:
[HTTP://WWW.SILEC.COM.EC.EZBIBLIO.USFQ.EDU.EC/WEBTOOLS/LEXISFINDER/DOCUMENTVISUALIZER/FULLDOCUMENTVISUALIZERPDF.ASPX?ID=CONTRATO-REGLAMENTO_A_LA_LEY_ORGANICA_SISTEMA_NACIONAL_CONTRATACION_PUBLICA](http://www.silec.com.ec/EZBIBLIO.USFQ.EDU.EC/WEBTOOLS/LEXISFINDER/DOCUMENTVISUALIZER/FULLDOCUMENTVISUALIZERPDF.ASPX?ID=CONTRATO-REGLAMENTO_A_LA_LEY_ORGANICA_SISTEMA_NACIONAL_CONTRATACION_PUBLICA)
- SERCOP. (04 de agosto de 2008). *Ley Orgánica de Sistema Nacional de Contratación Pública*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 395:
<http://www.silec.com.ec/Webtools/LexisFinder/DocumentVisualizer/FullDocumentVi>

sualizerPDF.aspx?id=CONTRATO-

LEY_ORGANICA_DEL_SISTEMA_NACIONAL_DE_CONTRATACION_PUBLI
CA

Xirau, M. (24 de marzo de 2016). *Forbes*. Obtenido de ¿Cómo puede cambiar tu vida la regla del 80/20?: <http://forbes.es/business/4124/como-puede-cambiar-tu-vida-la-regla-del-8020/>

Tabla 5 Análisis de valor ganado para proyecto 1

ANÁLISIS POR MES														
MES	PAC	ETC	TCPI (UAG)	TCPI (BAG)	PV	EV	AC	WACE	SV (P)	SV (B)	CV (P)	CV (B)	CV (%)	MAC (P)
1														
2	\$ 59,746.48				\$ 72,560.12	\$ 148,924.08			\$ 12,793.64	21%	\$ 76,489.96	\$ -	-109%	\$ -
3	\$ 314,083.06				\$ 399,465.42	\$ 793,201.09			\$ 35,382.36	11%	\$ 7,736.56	\$ -	-3%	\$ -
4	\$ 1,044,083.19				\$ 999,453.32	\$ 3,222,872.66			\$ 45,697.87	-4%	\$ 476,147.46	\$ -	-46%	\$ -
5	\$ 2,157,083.32				\$ 2,492,736.21	\$ 7,730,072.68			\$ 115,679.55	-5%	\$ 1,157,246.52	\$ -	-54%	\$ -
6	\$ 4,492,736.21				\$ 2,569,400.28	\$ 7,730,072.68			\$ 2,132,884.08	-46%	\$ 50,572.60	\$ -	-2%	\$ -
7	\$ 7,595,713.87				\$ 4,612,915.93	\$ 4,750,477.51			\$ 2,893,788.34	-39%	\$ 137,643.38	\$ -	-3%	\$ -
8	\$ 10,800,638.66				\$ 6,888,413.37	\$ 7,820,473.19			\$ 3,682,445.29	-34%	\$ 602,245.02	\$ -	-9%	\$ -
9	\$ 13,811,028.75				\$ 9,371,461.72	\$ 9,328,933.19			\$ 3,449,887.09	-26%	\$ 303,102.13	\$ -	-3%	\$ -
10	\$ 20,144,083.24				\$ 12,256,413.19	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	-13%	\$ 28,174.11	\$ -	-1%	\$ -
11	\$ 23,365,539.17				\$ 15,355,936.17	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
12	\$ 27,893,792.50				\$ 18,893,792.50	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
13	\$ 32,422,045.83				\$ 22,431,545.83	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
14	\$ 36,950,299.16				\$ 25,969,299.16	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
15	\$ 41,478,552.49				\$ 29,507,052.49	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
16	\$ 46,006,805.82				\$ 33,044,805.82	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
17	\$ 50,535,059.15				\$ 36,582,559.15	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
18	\$ 55,063,312.48				\$ 40,120,312.48	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
19	\$ 59,591,565.81				\$ 43,658,065.81	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
20	\$ 64,119,819.14				\$ 47,195,819.14	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
21	\$ 68,648,072.47				\$ 50,733,572.47	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
22	\$ 73,176,325.80				\$ 54,271,325.80	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
23	\$ 77,704,579.13				\$ 57,809,079.13	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
24	\$ 82,232,832.46				\$ 61,346,832.46	\$ 9,246,112.11			\$ 2,648,625.78	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ -
24	\$ 813,154,401.48	\$ 3,706,675,261.10	1.00	0.99560	\$ 88,827,515.63	\$ -	\$ 332,114,115		\$ -	0%	\$ -	\$ -	0%	\$ 483,627,515.63

Tabla 6 Rubros más importantes (Ley de Pareto) para proyecto 1

CODIGO TRAMO	CODIGO EDT	RUBRO	% RELEVANCIA
17.01	17.01.03.04	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA	10.52004047%
17.01	17.01.06.02.10	BANCO DE DUCTOS 3X4 BAJO ACERA O TIERRAS(INC. HORMIGÓN, TUBOS, RELLENO Y DESALOJO A VERTEDERO)	4.70819968%
17.01	17.01.06.03.08	COLOCACIÓN DE LUMINARIA 240 LEDS-5012NW DOBLE, INCLUYE POSTE TRONCONICO H=11M, BRAZO DE 1,5M.	2.98388004%
17.01	17.01.05.04	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	2.76524202%
17.01	17.01.05.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	2.02399190%
17.01	17.01.02.04	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	1.91646631%
17.01	17.01.06.03.05	BANCO DE DUCTOS 1x2	1.73382646%
17.01	17.01.06.06.12	GUARDACAMINOS (DOBLE)	1.67795813%
17.01	17.01.03.02	BASE CLASE 1	1.64981331%
17.01	17.01.06.06.16	MUROS NEW JERSEY (DOBLE)	1.55568340%
17.01	17.01.03.01	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON SUELO SELECCIONADO	1.53204945%
17.01	17.01.04.03	HORMIGÓN ESTRUCT. CEMENTO PORTLAND CLASE B F'c=210 kg/cm2 (Cunetas, muro de alas, alcantarillas)	1.49882346%
17.01	17.01.06.01.01	TUBERÍA PRFV DN 700 MM	1.10733294%
17.01	17.01.04.10	SUMINISTRO E INSTALACION DETUBERIA DE HORMIGÓN ARMADO (D=1800mm)(INC. TRANSPORTE)	1.04858638%
17.01	17.01.06.06.11	GUARDACAMINOS (SENCILLO)	1.04482608%
17.01	17.01.06.07.08	CANALIZADORES DE TRÁNSITO	0.85971225%
17.01	17.01.03.03	ASFALTO RC PARA IMPRIMACIÓN	0.83900133%
17.01	17.01.05.02	TRANSPORTE DE BASE Y SUB-BASE	0.71129669%
17.01	17.01.06.01.10	RELLENO DE MATERIAL GRANULAR NO PLÁSTICO TAMAÑO MÁXIMO 3 CMS, INC. TRANSPORTE	0.70375162%
17.01	17.01.06.03.09	TRANSFORMADOR TRIFASICO CONVENCIONAL DE 25KVA	0.69957027%
17.01	17.01.02.10	MICROFRESADO EN PAVIMENTO (INC. DESALOJO)	0.61826071%
17.01	17.01.02.03	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	0.56281648%
17.01	17.01.03.05	ASFALTO DILUIDO PARA RIEGO DE ADHERENCIA	0.48333323%
17.01	17.01.04.07	SUMINISTRO E INSTALACION DETUBERÍA DE PVC D=25" (600 mm)(INC. CAMA DE ARENA)	0.47660448%
17.01	17.01.06.02.18	TORRES METÁLICAS DE 30M DE ALTURA	0.42906354%
17.01	17.01.06.07.02	BORRADO DE MARCAS VIALES	0.42402298%
17.01	17.01.05.03	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA CAPA DE RODADURA	0.41095590%
17.01	17.01.04.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE PVC D=16" (400 mm)(INC. CAMA DE ARENA)	0.38897053%
17.01	17.01.06.06.13	PORTICOS PARA SEÑALIZACION TIPO BANDERA H= 7.20, L= 4.00 M (MIN)	0.27525682%
17.01	17.01.06.01.09	RELLENO DE MATERIAL GRANULAR NO PLÁSTICO TAMAÑO MÁXIMO 15 CMS, INC. TRANSPORTE	0.25195314%
17.02	17.02.03.02.01	SUMINISTRO, FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA CON ACERO ESTRUCTURAL A50	2.49089353%
17.02	17.02.13.04	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=280 KG/CM2) EN DUCTOS CAJON (INCLUYE ENCOFRADO)	1.69960089%
17.02	17.02.13.06	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON SUELO SELECCIONADO	1.65281320%
17.02	17.02.13.07	GEOTEXTIL PARA SUBDRENES 1600 NT	1.20534998%
17.02	17.02.13.03	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (fy=4200 kg/cm2)	1.11518315%
17.02	17.02.01.01.07	HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	0.66865339%
17.02	17.02.13.10	GEOTEXTIL DE REFUERZO TEJIDO CON RESISTENCIA A LA TRACCION DE AL MENOS 260KN/M	0.54723587%
17.02	17.02.01.01.05	SUMINISTRO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGON (48x48)(INC. TRANSPORTE)	0.48495088%
17.02	17.02.06.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.4658419%
17.02	17.02.07.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.46584417%
17.02	17.02.13.05	EMBOCADO DE MUROS	0.43187618%
17.02	17.02.02.01.05	SUMINISTRO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGON (48x48)(INC. TRANSPORTE)	0.39175116%
17.02	17.02.04.01.05	SUMINISTRO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGON (45x45)(INC. TRANSPORTE)	0.38512956%
17.02	17.02.02.01.07	HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	0.38326202%
17.02	17.02.09.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.36468915%
17.02	17.02.01.02.01	SUMINISTRO DE VIGAS DE HORMIGON PRECOMPRESO	0.36063048%
17.02	17.02.02.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.35964737%
17.02	17.02.01.01.06	SUMINISTRO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGON (45x45)(INC. TRANSPORTE)	0.35895984%
17.02	17.02.03.01.05	SUMINISTRO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGON (45x45)(INC. TRANSPORTE)	0.33995726%
17.02	17.02.04.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.33149739%
17.02	17.02.04.01.06	HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	0.31600639%
17.02	17.02.12.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.30922951%
17.02	17.02.06.02.01	SUMINISTRO DE VIGAS DE HORMIGON PRECOMPRESO	0.30491883%
17.02	17.02.07.02.01	SUMINISTRO DE VIGAS DE HORMIGON PRECOMPRESO	0.30491883%
17.02	17.02.10.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.30418773%
17.02	17.02.09.02.01	SUMINISTRO DE VIGAS DE HORMIGON PRECOMPRESO	0.30176332%
17.02	17.02.13.01	EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS MENORES	0.29599686%
17.02	17.02.01.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.28389034%
17.02	17.02.03.01.06	HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	0.27894162%
17.02	17.02.13.09	GEOTEXTIL DE REFUERZO TEJIDO CON RESISTENCIA A LA TRACCION DE AL MENOS 190KN/M	0.27453812%
17.02	17.02.08.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.27148335%
17.02	17.02.11.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.26276105%
17.02	17.02.05.01.03	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE A (F'c=350 KG/CM2) EN ESTRIBOS Y MUROS	0.24830794%
17.02	17.02.10.02.01	SUMINISTRO DE VIGAS DE HORMIGON PRECOMPRESO	0.23838137%
17.02	17.02.07.01.04	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (fy=4200 kg/cm2)	0.23566229%
17.03	17.03.02.05	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA	2.50135851%
17.03	17.03.04.03	HORMIGÓN ESTRUCT. CEMENTO PORTLAND CLASE B F'c=210 kg/cm2 (Cunetas, muro de alas, alcantarillas)	1.49882338%
17.03	17.03.01.11	Material filtrante (pasa 6" retiene 3")	1.07620079%
17.03	17.03.03.04	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	0.96858075%
17.03	17.03.06.02.02	PILOTES PREBARRENADOS DE HORMIGÓN ARMADO VACIADO EN SITIO CON CAMISA NO RECUPERABLE (F'c=280 KG/CM2; D=0,80 M)	0.96260181%
17.03	17.03.05.02.10	BANCO DE DUCTOS 3X4 BAJO CALZADA (INC.HORMIGON, TUBOS, RELLENO Y DESALOJO A VERTEDERO)	0.75099685%
17.03	17.03.05.02.09	BANCO DE DUCTOS 3X4 BAJO ACERA O TIERRAS(INC. HORMIGÓN, TUBOS, RELLENO Y DESALOJO A VERTEDERO)	0.68527682%
17.03	17.03.01.04	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	0.64442904%
17.03	17.03.06.02.05	HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE B (F'c=350 KG/CM2)	0.58807768%
17.03	17.03.03.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	0.57253883%
17.03	17.03.02.02	SUB BASE CLASE 1	0.56490497%
17.03	17.03.02.03	BASE CLASE 1	0.53118883%
17.03	17.03.06.04.01	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA DE 7,50 CM. DE ESPESOR	0.50342282%
17.03	17.03.05.02.05	REMOCIÓN DE POSTE DE MADERA O CONCRETO INCLUSO DESMONTAJE Y RETIRADA.	0.47477197%
17.03	17.03.06.02.06	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	0.46997091%
17.03	17.03.03.06	TRANSPORTE DE MATERIAL DE FILTRANTE	0.45559164%
17.03	17.03.05.02.17	TORRES METÁLICAS DE 30M DE ALTURA	0.42906357%
17.03	17.03.02.01	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON SUELO SELECCIONADO	0.41604488%
17.03	17.03.06.06.02	ESOLLERA DE PIEDRA SUELTA	0.38734620%
17.03	17.03.01.03	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	0.34352330%
17.03	17.03.03.02	TRANSPORTE DE BASE Y SUB-BASE	0.28626942%
17.03	17.03.06.03.04	ESTRUCTURAS DE HORMIGON PRECOMPRESO (TIPO I CALIFORNIA F'c=450 KG/CM2; H=1.55m; L=30m)	0.25537528%

Anexo B: Información procesada para proyecto 2

Tabla 7 Amortización para proyecto 2

MES	AMORTIZACION (%)	AMORTIZACION ESPERADA (\$)	AMORTIZACION REALIZADA (\$)	% AMORTIZACION REALIZADO	% AMORTIZACION RESTANTE
1	8%	\$ 355,889.72	\$ 46,227.12	2.16486%	97.83514%
2	17%	\$ 711,779.44	\$ 149,622.28	7.00696%	92.99304%
3	25%	\$ 1,067,669.16	\$ 476,023.39	22.29264%	77.70736%
4	33%	\$ 1,423,558.88	\$ 774,338.09	36.26302%	63.73698%
5	42%	\$ 1,779,448.60	\$ 1,085,228.25	50.82231%	49.17769%
6	50%	\$ 2,135,338.32	\$ -	0.00000%	100.00000%

MES: 5
AMORTIZACION HOY: 50.822%
AMORTIZACION RESTANTE: 49.178%

Tabla 8 Resumen de Bases de Datos (EV, PV, AC) para proyecto 1

E.V. (ANALISIS DE VALOR GANADO - EARNED VALUE)						
EVALUACION POR PLANILLAS RECIBIDAS						
TRAMO/MES	1	2	3	4	5	6
10.01	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.02	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.03	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.04	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.05	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,502.49	\$ -
10.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.09	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.13	\$ -	\$ 6,973.28	\$ 217,933.85	\$ 11,091.11	\$ 474,236.77	\$ 145,509.68
10.14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.15	\$ 69,427.45	\$ 136,958.22	\$ 371,676.93	\$ 408,709.98	\$ 69,833.64	\$ 733,840.71
10.16	\$ 23,026.79	\$ 62,858.81	\$ 63,191.45	\$ 176,828.30	\$ 65,207.43	\$ -
TOTAL POR MES	\$ 92,454.24	\$ 206,790.31	\$ 652,802.23	\$ 596,629.39	\$ 621,780.33	\$ 879,350.39
TOTAL ACUMULADO	\$ 92,454.24	\$ 299,244.55	\$ 952,046.78	\$ 1,548,676.17	\$ 2,170,456.50	\$ 3,049,806.89
% COBRADO	3.0315%	9.8119%	31.2166%	50.7795%	71.1670%	100.0000%

PV (PLAN VALUE - CRONOGRAMA VALORADO)						
TRAMO/MES	1	2	3	4	5	6
10.01	\$ -	\$ 51,181.06	\$ 153,543.17	\$ -	\$ -	\$ -
10.02	\$ -	\$ -	\$ 18,258.25	\$ -	\$ -	\$ -
10.03	\$ -	\$ -	\$ 70,364.50	\$ 211,093.50	\$ -	\$ -
10.04	\$ -	\$ -	\$ 14,023.62	\$ -	\$ -	\$ -
10.05	\$ -	\$ -	\$ 4,671.02	\$ -	\$ -	\$ -
10.06	\$ -	\$ -	\$ 11,626.50	\$ -	\$ -	\$ -
10.07	\$ -	\$ -	\$ 7,759.75	\$ -	\$ -	\$ -
10.08	\$ -	\$ -	\$ 23,954.01	\$ -	\$ -	\$ -
10.09	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,156.35	\$ -	\$ -
10.10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 506.56	\$ -	\$ -
10.11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 66,859.46	\$ -	\$ -
10.12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8,168.60	\$ -	\$ -
10.13	\$ 16,116.58	\$ 40,291.46	\$ 80,582.92	\$ 120,874.39	\$ 161,165.85	\$ 386,798.04
10.14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,886.05	\$ -
10.15	\$ 50,245.25	\$ 125,613.12	\$ 251,226.24	\$ 376,839.36	\$ 502,452.49	\$ 1,205,885.97
10.16	\$ 6,130.65	\$ 15,326.63	\$ 30,653.25	\$ 45,979.88	\$ 61,306.50	\$ 147,135.60
TOTAL POR MES	\$ 72,492.48	\$ 232,412.27	\$ 666,663.24	\$ 832,478.10	\$ 726,810.89	\$ 1,739,819.61
TOTAL ACUMULADO	\$ 72,492.48	\$ 304,904.75	\$ 971,567.99	\$ 1,804,046.09	\$ 2,530,856.97	\$ 4,270,676.58
% PLANIFICADO	1.6974%	7.1395%	22.7497%	42.2426%	59.2613%	100.0000%

AC (ACTUAL COST - COSTO ACTUAL)						
TRAMO/MES	1	2	3	4	5	6
CONTEO MES (GRAFICA)	1	2	3	4	5	6
TOTAL POR MES	\$ 249,396.59	\$ 248,405.16	\$ 166,748.43	\$ 895,192.05	\$ 270,847.04	\$ 251,209.58
TOTAL ACUMULADO	\$ 249,396.59	\$ 497,801.76	\$ 664,550.19	\$ 1,559,742.24	\$ 1,830,589.28	\$ -

Tabla 9 Análisis de valor ganado para proyecto 2

ANÁLISIS POR MIES															
IMES	BAC	ETC	TCPH (EAC)	TCPH (BAC)	PV	EV	AC	VAC (\$)	SV (\$)	SV (%)	CV (\$)	CV (%)	BAC (\$)	CPH	BPI
1					72,492,48 \$	90,454,24 \$	249,396,59 \$	- \$	19,961,76 \$	28%	- \$	-170%			
2					304,904,75 \$	299,244,5 \$	497,801,76 \$	- \$	5,660,20 \$	-2%	- \$	-66%			
3					977,567,99 \$	952,046,78 \$	664,550,19 \$	- \$	19,521,21 \$	-2%	287,496,59 \$	30%			
4					1,804,046,09 \$	1,546,676,17 \$	1,559,742,24 \$	- \$	255,369,92 \$	-14%	- \$	-1%			
5					2,590,866,97 \$	2,170,456,50 \$	1,830,589,28 \$	- \$	360,400,47 \$	-14%	339,867,22 \$	16%			
6	3,950,899,42 \$	2,100,226,14 \$	1,0000	0,86072	4,270,676,64 \$	- \$	- \$	339,867,22 \$	- \$	0%	- \$	0%	4,270,676,64 \$	1,188,660	0,857997

Tabla 10 Rubros más importantes (Ley de Pareto) para proyecto 2

CODIGO TRAMO	CODIGO EDT	RUBRO	% RELEVANCIA
10.15	10.15.41	Geomanta Reforzada	16.9111%
10.15	10.15.14	Gaviones (recubierto con PVC) Incl. Anclaje	11.0474%
10.15	10.15.16	Reconstrucción de taludes con material de mejoramiento (Compactado manualmente)	7.4539%
10.13	10.15.02	Excavación sin clasificación (Taludes)	5.5516%
10.15	10.16.05	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500 mts) (Distancia de transporte 5-10 km)	5.5028%
10.13	10.13.31	Mampostería de piedra molón (Enrocado (Hormigón Simple 40% + Piedra enrocado 60%)	4.0378%
10.15	10.15.19	Mampostería de piedra molón (Enrocado (Hormigón Simple 40% + Piedra enrocado 60%)	3.3545%
10.13	10.13.19	Excavación y relleno para estructuras	2.2225%
10.01	10.01.16	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta	1.9460%
10.03	10.03.19	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta	1.9460%
10.12	10.13.09	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	1.8767%
10.13	10.13.22	Tubería de Hormigón Armado D=80" (2000) mm	1.8186%
10.15	10.15.45	Hormigón Ciclópeo f'c=180 kg/cm2, 60%HS;40% PB	1.6818%
10.12	10.13.10	Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante (Distancia de transporte 20-50 km)	1.6186%
10.15	10.15.27	Mampostería de piedra molón (Enrocado (Hormigón Simple 40% + Piedra enrocado 60%)	1.5823%
10.11	10.13.02	Excavación sin clasificación. Incl. Corte de Carpeta o Losa	1.4001%
10.11	10.13.04	Terraplén con Material Recuperado de la vía Existente para reconformación de la Plataforma de la Vía (Mezclado, Tendido e Hidro-comp)	1.1676%
10.15	10.15.48	Hormigón estructural de cemento Portland, Clase B, f'c= 210 kg/cm2	1.0537%
10.15	10.15.17	Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante (Distancia de transporte 20-50 km)	0.9906%
10.15	10.15.59	Suministro e Instalación de Poste metálico con Brazo/Incl. Brida de anclaje/Base de Hormigón	0.9543%
10.13	10.13.17	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta	0.8606%
10.15	10.16.04	Escombrera (Disposición Final y Tratamiento Paisajístico de Zonas de Depósito)	0.8516%
10.03	10.03.24	Revestimiento de Hormigón Simple, f'c=210 kg/cm2 (Bordillos Cunetas, parterre y canales)	0.8298%
10.13	10.13.30	Revestimiento de Hormigón Simple, f'c=210 kg/cm2 (Bordillos Cunetas, parterre y canales)	0.7413%
10.10	10.11.05	Retiro e instalación de Juntas de Dilatación	0.7161%
10.15	10.15.15	Transporte de piedra para gaviones (Distancia de transporte 20-50 km)	0.6849%
10.15	10.15.47	Barandales de acero para puentes (Incl. Parante de hormigón)	0.6756%
10.15	10.15.42	Revestimiento de Hormigón Simple, f'c=210 kg/cm2 (Bordillos Cunetas, parterre y canales)	0.6459%