

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 2916			
Título del proyecto: Programación de proyectos de infraestructura vial en contratos de obra pública considerando riesgos			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Ingeniería Industrial Ingeniería Civil			
Grupo (s) de investigación: Grupo de investigación en Logística y Producción Grupo de Investigación Aplicada en Construcción - Grúa			
Entidades: Secretaría de Infraestructura y Valorización de Cali			
Palabras claves: Programación de proyectos, gestión de riesgos, infraestructura			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Leonardo Rivera Cadavid	7.5 hrs/sem	7.5 hrs/sem
Coinvestigadores	Armando Orobio Quiñones	5 hrs/sem	5 hrs/sem
Otros participantes	Alvaro Cuadros (estudiante de Doctorado)	40 hrs/sem	40 hrs/sem

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participan en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. Resumen ejecutivo:

Los proyectos de construcción de vías suelen sufrir complicaciones durante su desarrollo, existen diferentes grupos de interesados y son afectados por otros factores tanto internos como externos a él. Como resultado del impacto de diferentes riesgos, los reprocesos, suspensiones, demoras y sobrecostos son comunes durante la fase de construcción. La consecuencia final sobre el proyecto es difícil de prever y puede ser de tal magnitud que incluso el proyecto puede terminar en conflictos, controversias o procesos judiciales, lo que ya representa una tendencia no sólo en Colombia.

En Colombia, los desfases en tiempo y costo en los proyectos de construcción de vías son frecuentes y a pesar que ya se consideran algo usual, son objeto de estudio de diferentes entidades. Varios diagnósticos de proyectos individuales han identificado causas como la falta de detalle en la planeación y programación, problemas en la toma de decisiones durante la ejecución y poca o inexistente identificación y tratamiento de los riesgos potenciales. De acuerdo con los anteriores elementos, el proyecto abordó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál debe ser la forma de programación y control del tiempo en proyectos de infraestructura vial por obra pública teniendo en cuenta los riesgos inherentes en este tipo de proyectos en el Departamento del Valle del Cauca?

En consecuencia, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Diseñar una metodología para la gestión del tiempo y costo en la construcción de proyectos de infraestructura vial por obra pública, que considere los riesgos de ejecución de este tipo de proyectos en el Municipio de Cali

Objetivos específicos

- Comparar modelos para realizar la programación y control que se ajusten a las condiciones propias de los proyectos de infraestructura vial por obra pública desde la perspectiva del riesgo.
- Diseñar una propuesta metodológica permita la programación y control de los proyectos de infraestructura vial considerando los riesgos específicos inherentes a este tipo de proyectos en el Municipio de Cali.
- Evaluar la propuesta en metodológica y sus componentes en un caso de estudio del sector infraestructura vial.

En el desarrollo del proyecto se investigaron métodos de planeación y control de proyectos, y de gestión de riesgos con potencial uso en los proyectos de construcción. Se propusieron y probaron en proyectos reales varios métodos de planeación y control considerando riesgos.

Los resultados de la investigación mostraron que la consideración de los riesgos en la gestión de los proyectos permite tener mayor información para la toma de decisiones incluso desde la fase de planeación. Permite tener planes más precisos y facilita el control de los proyectos. Se propusieron métodos complementarios al método tradicional basado en ruta crítica (CPM) aunque también se reconoce que para su correcto funcionamiento deben estar acompañados

de cambios en la gestión de los proyectos por parte de los responsables, contratistas y contratantes.

Abstract

Road construction projects often suffer problems during their development, there are several stakeholders and are affected by other internal and external factors. As a result of the impact of risks, reprocessing, suspensions, delays and cost overruns are common during the construction phase. The final consequence on the project is difficult to foresee and can end in conflicts, controversies or judicial processes, which represents a tendency not only in Colombia.

In Colombia, time delays and cost overruns in road construction projects are frequent and although they are even considered usual, they are objects of study by different entities. Several diagnoses of individual projects have identified causes such as lack of detail in planning and programming, problems in decision making during execution and little or no identification and treatment of potential risks. In accordance with the above elements, the project addressed the following research question:

What should be the way of programming and control of time in road infrastructure projects for public works taking into account the risks inherent in this type of projects in the Department of Valle del Cauca?

Consequently, the following objectives were raised:

General purpose

Design a methodology for the management of time and cost in the construction of road infrastructure projects by public works, considering the risks of execution of this type of projects in the City of Cali

Specific objectives

- Compare models to carry out the programming and control that adjust to the conditions of the road infrastructure projects by public works from the perspective of risk.
- Design a methodological proposal to allow the programming and control of road infrastructure projects considering the specific risks inherent to this type of project in the Municipality of Cali.
- Evaluate the methodological proposal and its components in a case study of the road infrastructure sector.

In the development of the project methods of planning and control of projects, and of risk management with potential use in the construction projects were investigated. Several methods of planning and control considering risks were proposed and tested in real projects.

The results of the investigation showed that the consideration of the risks in the management of the projects allows to have more information for the decision making even since the planning phase. It allows to have more precise plans and facilitates the control of the projects.

Complementary methods were proposed to the traditional method based on critical route (CPM) although it is also recognized that for their proper functioning they must be accompanied by changes in the management of the projects by those responsible, contractors and contracting party.

3. Síntesis del proyecto:

El proyecto de investigación estuvo enmarcado en la planeación, programación y control de proyectos del sector construcción en el contexto de los proyectos de infraestructura vial construida con contratos de obra pública. Para ello se plantearon objetivos que buscaron identificar y estudiar métodos a través de la revisión de literatura, el diseño de propuestas que pudieran ser aplicadas en el ámbito local y finalmente su prueba en campo para validar su aplicabilidad o realizar ajustes.

El desarrollo del primer objetivo permitió encontrar diferencias entre las técnicas que se sugiere en el marco teórico y las técnicas que se están utilizando en la investigación al respecto. A continuación, se resumen los hallazgos sobre este objetivo.

En primera instancia se encontró que permanece el CPM como el método más aplicado para programar proyectos, aunque se encontraron algunas propuestas como el Line of Balance (LOB), más reciente, pero con poco desarrollo investigativo. Para el control de los proyectos resulta de amplia aplicación el EVM aunque con extensiones como la programación ganada (ESM) que permiten complementar el análisis. Finalmente se encontró que ya se ha intentado mejorar el control considerando los riesgos mediante simulación.

La gestión de riesgos plantea que se debe realizar una identificación de riesgos, un análisis de sus impactos (cualitativa o cuantitativamente), el diseño de estrategias de respuesta y su posterior monitoreo y control. Se encontró que, aunque el marco teórico sobre identificación de riesgos sugiere el trabajo con expertos mediante ejercicios de lluvia de ideas y matrices DOFA (Debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas) entre otras técnicas, el estado del arte sugiere realizar una identificación general en la literatura para luego mediante trabajo con expertos identificar los riesgos críticos para el proyecto en cuestión. La revisión de evidencias en proyectos anteriores es mencionada en el marco teórico, pero casi no fue utilizada en la literatura hallada.

El análisis cualitativo de los riesgos permite realizar una priorización hallando los riesgos más críticos para luego diseñar las estrategias de respuesta (si el proyecto no es complejo), o para decidir cuáles riesgos llevar a un análisis cuantitativo si el proyecto es complejo). Si bien normalmente se recomienda usar el índice de criticidad (RC) que valora la probabilidad e impacto de los riesgos y los resume en una matriz, se hallaron otras herramientas como el Índice relativo de Importancia (RII), el análisis modal de fallos y errores (RFMEA), y también el uso de herramientas multicriterio como el análisis jerárquico (AHP).

El análisis cuantitativo busca tener una estimación del tiempo o costo del proyecto en la presencia de riesgos. Se encontró que se usan herramientas clásicas como el Project

Evaluation and Review Techniques (PERT), también Monte Carlo Simulation (MCS), redes bayesianas (BBN), redes neuronales y cadenas de markov.

En cuanto al segundo objetivo, aunque la definición del tipo de proyectos fue bastante específica lo que suponía considerar que todos corren los mismos riesgos, se decidió incluir su identificación y análisis en cada ejercicio realizado. Se realizaron varios trabajos orientados hacia la identificación y priorización de riesgos de construcción que luego fueron utilizados en el diseño de métodos de programación y control. Los resultados de las propuestas metodológicas fueron contrastados con la planeación y con los resultados finales de los proyectos mostrando un mejor acercamiento al comportamiento real de los proyectos que con las herramientas utilizadas actualmente. Sin embargo, también se identificaron restricciones para la implementación de las propuestas como la falta de información histórica de los proyectos, falta de competencias en manejo de métodos de programación y control, además de una regulación, procesos y métodos de gestión restrictivos.

A continuación, se presenta un resumen de los trabajos realizados en el contexto del proyecto de investigación:

Identificación de factores de riesgo. Investigación doctoral “Metodología para la evaluación de acciones correctivas en proyectos de construcción de vías en Colombia”

Investigación desarrollada por el estudiante Alvaro Cuadros con orientación de los profesores Leonardo Rivera de la Escuela de Ingeniería Industrial y Armando Orobio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad el Valle. La propuesta doctoral ya fue evaluada y su socialización se desarrolló en Diciembre del 2017 de acuerdo con la reglamentación de la Universidad.

El trabajo doctoral se centra en la identificación y análisis de impacto de los riesgos y, la identificación y evaluación de acciones correctivas. Busca identificar los riesgos a los que realmente los proyectos de construcción se ven sujetos complementando la identificación y análisis de riesgos que ya se desarrolla, pero con unas prácticas deficientes que no los identifican realmente. Además, busca complementar el proceso de gestión de riesgos en sus fases finales de diseño de estrategias de respuesta, monitoreo y control que no son tan detalladas como las fases iniciales.

En su primera fase del trabajo se revisaron evidencias de control de proyectos, con lo que se identificaron 643 eventos de riesgo que permitieron identificar los principales factores de riesgo que afectan los proyectos. Contrastando los hallazgos, se identificó que 10 categorías de riesgo corresponden con las que la literatura identifica, pero otras categorías no fueron halladas, como se ve en la tabla 1

Tabla No. 1. Factores de riesgo y categorías

Tipo	Alcance	Categoría en la literatura	Categoría identificada en la investigación
Interno	Local	Equipo	Equipo
		Mano de obra	Mano de obra
		Materiales	Materiales
		Sitio	Sitio
	Proyecto	Consultores	Consultores
		Contratista	Contratista
		Diseño	Diseño
		Gestión	Gestión
		Contrato	No presente
		Contratante	No presente
		Seguridad en el trabajo	No presente
Externo	Externo	Factores del medio ambiente	Factores del medio ambiente
		Factores políticos, y regulatorios	Factores políticos, y regulatorios
		Tecnología	No presente
		Seguridad y orden público	No presente
		Corrupción	No presente
		Financiero	No presente
		Intervención de interesados externos	No presente
		Mercados externos	No presente

Con esta información se está identificando el tipo de impacto en las actividades constructivas de los proyectos que pueden ser: suspensión, demoras, baja productividad, reprocesos, nuevas actividades o accidentes. Este trabajo será complementado con ejercicios de identificación como lo menciona la literatura, de contraste con literatura y ajuste con opiniones de expertos. Este trabajo es insumo para la identificación de impactos y diseño de estrategias de respuesta que cubre el alcance del trabajo doctoral.

Como resultados parciales del trabajo doctoral se tiene un artículo en revisión. El artículo "Review of Approaches and Analytical Methods for Project Control in Highway Construction Projects" se encuentra en evaluación en el International Journal of Industrial Engineering and Management. También se está preparando otro artículo con la identificación y categorización de riesgos.

Programación de proyectos considerando riesgos

En el marco de la investigación se hicieron dos trabajos en los que se consideró el impacto de los riesgos. La diferencia entre ellos está en la forma como se identificaron los riesgos y la manera como se incluyó el impacto del riesgo en la duración del proyecto. A continuación, se presentan los dos trabajos.

Trabajo de grado de pregrado. Análisis del impacto de los riesgos de programa en un proyecto de infraestructura vial en Santiago de Cali. Estudiante Ingeniería Industrial: David Ramírez Soto. Director: Alvaro Cuadros

En este proyecto se revisaron evidencias de 14 proyectos de vías ejecutados en Cali, constituidas por informes de interventoría, informes de control, y actas de pago. De esta manera se identificaron 17 riesgos como se puede ver en la tabla 2:

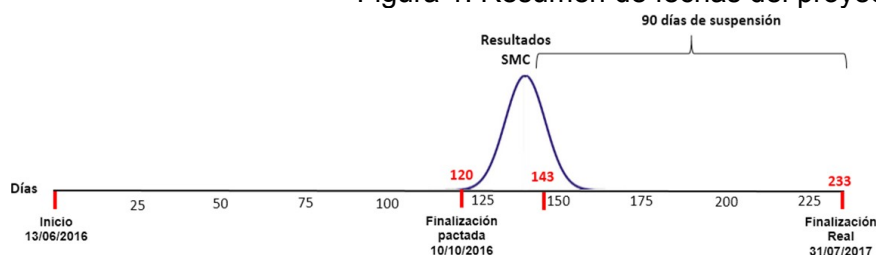
Tabla No. 2. Riesgos de programa identificados

N°	Riesgos de programa	N°	Riesgos de programa
1	Efecto de la Lluvia en las actividades de construcción.	10	Mala calidad del Material
2	Cambios en las especificaciones y alcance del proyecto	11	Avería de equipos
3	Escasez de Mano de Obra cualificada	12	Dificultades para obtener permisos de trabajo
4	Asuntos de salud, seguridad y medio ambiente (HSE)	13	Ineficaz planificación y programación por el contratista
5	Ineficaz planificación y programación por el contratista	14	Diseño defectuoso o incompleto
6	Adquisición de tierras	15	Mala administración del sitio y supervisión por parte del contratista
7	Escasez de maquinaria y equipo	16	Conflictos en la programación de los subcontratistas en la ejecución del proyecto
8	Retrasos en la entrega de material y equipos	17	Métodos de construcción inadecuados empleados por el contratista
9	Reproceso debido a errores durante la construcción.		

Posteriormente con apoyo de un grupo de 10 expertos se realizó un análisis cualitativo con dos métodos el RC y RFMEA. El modelo aplicado utilizó la estimación de la duración de las actividades con tres tiempos como lo hace el PERT pero la simulación afectaba el nivel de impacto de los riesgos sobre dichas actividades. Hay que tener en cuenta que tradicionalmente la simulación se hace con los tres tiempos de las actividades, pero en este trabajo la simulación se realizó con el impacto de los riesgos que luego se relacionaba con los tres tiempos. Como resultado del modelo se pudo saber que la duración pactada en el contrato de 120 días tenía 0% de probabilidad de cumplimiento.

El proyecto sufrió una suspensión de 90 días debido a demoras en permisos, riesgo que fue identificado por los expertos pero que tuvo una demora particular, lo que excedió las estimaciones iniciales. Se pudo establecer además que sin considerar dicha demora el proyecto pudo haber terminado dentro de un rango probabilístico de éxito de 143 días que de todos modos excedía el contrato de 120 días, como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Resumen de fechas del proyecto



Sobre este trabajo se tiene el artículo "Evaluation of the impact of schedule risks in a road infrastructure project" en revisión en la revista Espacios.

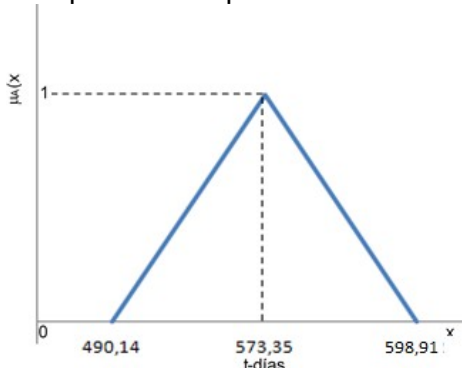
También se tiene aceptada la ponencia "Evaluation of The Impact of Schedule Risks in a Road Infrastructure Project. Reference: 18_117" a presentarse en el 4th International Conference on Production Economics and Project Evaluation (ICOPEV) que tendrá lugar en Minho Portugal en Septiembre del 2018.

Trabajo de grado de pregrado. Análisis de riesgos en la programación de proyectos de construcción. Caso de estudio en la Subsecretaría de renovación urbana y vivienda de la Ciudad de Palmira. Estudiantes Ingeniería Industrial: Claudia Marcela Ortiz, Nicolle Alexandra Cruces. Director: Alvaro Cuadros

Con apoyo de la Subsecretaría de renovación urbana y vivienda se identificaron los riesgos generales de los proyectos en la ciudad que luego se priorizaron aplicando el RFMEA. Inicialmente, la lista contenía 517 factores de riesgo que fueron sometidos al proceso de depuración. Inicialmente se identificaron los repetidos o que podían ser incluidos por otros y luego con apoyo de expertos, se identificaron los que debían ser considerados en el caso local. Como resultado se obtuvo una lista con 31 factores de riesgo.

El modelo aplicado utilizó la estimación de la duración de las actividades con tres tiempos, pero la simulación afectaba el nivel de impacto de los riesgos con lógica difusa. El modelo propuesto estimó una duración media de 573 días y máxima de 599 días como se puede ver en la figura 2.

Figura 2: Tiempos difusos para la duración del proyecto



El proyecto debía demorar 210 días según la programación inicial pero debido a algunos imprevistos duró realmente 658 días. La duración estimada del proyecto fue mucho menor que lo que realmente duró el proyecto, pero la propuesta metodológica estuvo más cercana que la fecha definida en la Secretaría. Los imprevistos que sucedieron en el proyecto fueron identificados en el proyecto por los expertos, pero el impacto no fue considerado como resultó ser.

Sobre este trabajo se tiene el artículo "Quantitative risk analysis for construction projects considering risks correlations" en el Canadian Journal of Civil Engineering.

Trabajo de grado de pregrado. Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de puentes con muros en tierra armada. Estudiante Ingeniería Civil: Sebastián Herrera. Director: Armando Orobio.

En este trabajo se utilizó simulación MCS para modelar la programación, costo directo y costo total de un proyecto de construcción de puentes. La base para la simulación fue el conjunto de rendimientos y costos unitarios medios se construyeron con base en evidencias históricas de 19 proyectos de construcción que fueron validados con pruebas estadísticas.

En esta propuesta se utilizaron las actividades y cantidades que realmente se desarrollaron en el proyecto. De esta manera el modelo se acercó más a la realidad al eliminar la incertidumbre generada por deficiencias en la planeación que hacen que las actividades cambien en la construcción. Así, la incertidumbre que se consideró fue la relacionada con las actividades mismas del proyecto.

El proyecto según la programación determinística CPM duraría 451 días y según la simulación sería de 463 días con desviación estándar de 40 días. Según el modelo la probabilidad de terminar en 451 días era de 44%. El desarrollo del proyecto de esta manera muestra que las deficiencias en la planeación afectan grandemente los proyectos si se considera que los ejercicios anteriores que consideraron la planeación original resultaban en una probabilidad de éxito de 0%.

Control de proyectos considerando riesgos

En el marco de la investigación se terminaron algunos trabajos y se han iniciado otros. En estos trabajos se complementa el EVM como herramienta básica para el control con simulación MCS o gráficos de control estadísticos (SPC). A continuación, se presentan los trabajos.

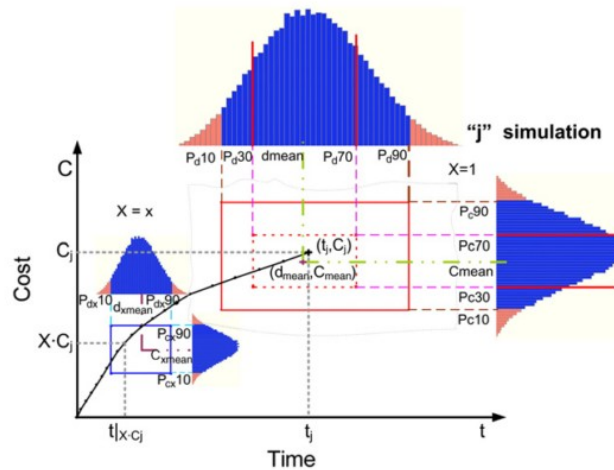
Trabajo de grado de pregrado. Aplicación de una metodología de control probabilístico de proyectos en construcción. Caso: Proyecto subsector construcción en Cali. Estudiantes: Lady Vanessa Rangel, Cristina Isabel Aguilar. Director: Alvaro Cuadros

En este trabajo se propuso identificar los riesgos con base en la literatura e identificar los riesgos críticos mediante RFMEA y utilizar la programación CPM para simular con MCS rangos de desempeño para varios momentos del proyecto. La simulación se realiza con los tres tiempos de las actividades, pero sólo para las actividades que reciben impactos de los riesgos críticos ya identificados. Esto para simplificar el trabajo suponiendo que con esta priorización se pueden obtener los mismos resultados que trabajando con todas las actividades.

De esta manera se obtienen áreas de control para tiempo y costo facilitando la toma de decisiones al gerente del proyecto al no tener que ocuparse de cualquier desfase frente al plan. Los rangos de control que se pueden decidir en percentiles de bajo o alto nivel de control marcarían los posibles valores de desempeño ante los cuales no se considera el proyecto fuera de control sino estadísticamente bajo control. En la siguiente figura se puede ver gráficamente los rangos de control para P10-90 que sería un nivel de control menos estricto que el P30-70

que sería un nivel de control más estricto. La decisión sobre el nivel de control a aplicar en el proyecto depende de su complejidad y restricciones.

Figura 3: Rangos de control por percentiles



Este método se puso en práctica en un proyecto de construcción con apoyo de los ingenieros del proyecto. El método detectó que varios desfases detectados en el proyecto podían ser considerados variación normal del desempeño del proyecto que no requerían acciones correctivas. Además, se hizo el ejercicio considerando todas las actividades, obteniendo resultados similares. Esto demostró la utilidad de priorizar y así requerir menos tiempo de los expertos.

De este trabajo se publicó el artículo "Performance control considering risks for construction projects" en la revista Scientia et technica con categoría B en Colciencias. Además, se presentó la ponencia "Control del desempeño de proyectos de construcción considerando riesgos" (GP-10)" en el Congreso Internacional Gestión e Innovación 2017.

Trabajo de grado de pregrado. Análisis de Programación en Proyectos de Construcción de Carreteras. Estudiante Ingeniería Civil: Andrés Felipe López Izquierdo. Director: Armando Orobio Q. PhD

Mediante MCS se analizó el tramo 2 del proyecto de rehabilitación de la vía Jamundí-Rio Claro-Timba (Tramo 2). Los datos de entrada del modelo fueron la lógica inicial y final del proyecto con sus cantidades iniciales y finales, además de rendimientos estimados con datos históricos.

El proyecto según la programación determinística CPM duraría 420 días y realmente duró 804 días. Según la investigación se estableció que la duración inicial tenía 1% de probabilidad de cumplirse. Según la simulación si se hubiera decidido una probabilidad de éxito del 80%, lo que es considerado normal, se hubiera establecido una duración de 645 días, duración más cercana al desempeño real del proyecto. La duración real de 804 días quedó dentro del modelo con una probabilidad de éxito del 95%.

Trabajo de grado de pregrado. Diseño de un método de control de proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Cali que facilite la toma de decisiones durante la etapa de ejecución. caso de estudio. Estudiante Ingeniería Industrial: Diana Marcela Bohada. Director: Alvaro Cuadros

Este trabajo inició gracias al desarrollo de esta investigación, pero se encuentra en proceso dentro de los tiempos normales que los estudiantes tienen para su trabajo de grado. Este proyecto busca comparar el desempeño entre varios gráficos de control utilizados en procesos de manufactura: Gráficos $\bar{X}$, R, S, $\bar{X}-R$, $\bar{X}-S$, Individual-I, Rangos móviles-MR, I-MR, EWMA, CUSUM, Zona y Z-MR. Además, se propone definir las métricas a utilizar para control entre EVM clásico y extensiones como ESM, EDM, EDM (t).

Trabajo de grado de maestría. Herramienta computacional para la elaboración de gráficos de control a partir de los índices de desempeño de la metodología EVM. Estudiante MSc Ingeniería Civil: Rubén Darío Del Castillo Revelo. Directores: Armando Orobio y Alvaro Cuadros

Al igual que el anterior trabajo de grado, este trabajo surgió gracias a la investigación y se encuentra en proceso. Con este trabajo se busca incluir métricas de control basadas en EVM en una aplicación computacional que facilite el seguimiento y toma de decisiones por parte del gerente del proyecto. Las métricas en consideración son CPI, SPI, ESM para control de costo y tiempo que serán monitoreadas a través de gráficos de control (SPC).

Trabajo de grado de maestría. Propuesta metodológica de seguimiento y control de proyectos de construcción de edificaciones basado en la técnica de valor ganado involucrando riesgos. Estudiante MSc Ingeniería Civil: Juan Camilo Velasquez. Directores: Armando Orobio y Alvaro Cuadros

Este trabajo también se encuentra en desarrollo y busca desarrollar un método de control de proyectos basado en EVM que considere los riesgos a los que se ven sujetos. El trabajo utilizará simulación MCS y las métricas a incluir están en revisión.

4. Impactos actual o potencial:

En el presente proyecto de investigación se formularon y probaron metodologías para la identificación, priorización y medición del riesgo operativo de construcción para proyectos del sector construcción. Estos métodos tienen un potencial de transferencia a través de asesoría y consultoría, aunque en primera instancia fueron conocidas por los ingenieros y empresas que participaron.

Se está abriendo un campo importante para la Universidad y la industria en cuanto a la investigación y uso práctico de metodologías robustas de análisis de riesgos. Incluso en particular para los proyectos desarrollados por licitación que deben aplicar dichas herramientas para abrir los procesos. Incluso se abre una oportunidad para la facultad en cuando al

ofrecimiento de servicios de ingeniería forense, campo en desarrollo en Estados Unidos y otros países para resolver las disputas legales presentadas al terminar los proyectos. Esta necesidad ha sido identificada también en el país.

Se ha generado también interés en una Asignatura electiva para el pregrado y posgrado de Ingeniería Industrial enfocado hacia las técnicas de programación y control considerando riesgos. Asignatura electiva para pregrado y posgrado en Ingeniería Civil enfocado hacia la gestión de riesgos en proyectos de infraestructura.

Otro impacto importante se deriva de la transferencia de conocimiento en gestión de proyectos aplicando herramientas de gestión de riesgos hacia los estudiantes de pregrado y posgrado. Hay un interés creciente por parte de estudiantes de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil hacia trabajos de grado que utilicen herramientas robustas de análisis en casos de aplicación en el sector real.

5. Productos:

Habiendo terminado las actividades de investigación, se puede reportar que algunos ítems fueron sobrepasados y otros están pendientes de su formalización. A continuación se presenta el resumen de los productos comprometidos en el acta de trabajo y compromiso firmada el 14 de julio del 2016 y los alcanzados. Los productos de nuevos conocimiento y formación de recursos humanos fueron sobrepasados. Los productos de divulgación también serán sobrepasados aunque aún está pendiente realizar las ponencias. La estrategia de consecución de recursos está pendiente de ejecutarse pero se anexa la propuesta de investigación que está pendiente de enviarse.

Tabla No. 3. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo aceptado para evaluación en una revista Q2 o Libro de investigación presentado al programa editorial	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
		1				1		
Artículo aceptado para evaluación en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
							3	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes Vinculados		No. De tesis	
Estudiantes de pregrado			1		5		3	

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Semillero de Investigación		1	2 (David Ramírez – Claudia Ortiz)	2
Estudiantes de doctorado	1		1	
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	2	2
Estrategia de fortalecimiento de capacidades de investigación				
Nueva propuesta sometida a recursos externos por cuantía equivalente al proyecto aprobado en la presente convocatoria o	1			
Una estrategia de consecución de recursos externos para darle continuidad a la investigación con indicadores verificables.			Propuesta a presentar a convocatoria Colciencias	

Descripción detallada de los productos.

A continuación, se presentan los detalles de cada ítem entregado o pendiente.

Artículos

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	International Journal of Industrial Engineering and Management (categoría B Colciencias)
Nombre Particular:	Review of Approaches and Analytical Methods for Project Control in Highway Construction Projects
Ciudad y fechas:	
Participantes:	Leonardo Rivera Cadavid Ph.D. Armando Orobio Quiñones Ph.D., Alvaro Julio Cuadros López
Sitio de información:	http://www.jiem.org/index.php/jiem
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción, Grupo de investigación Aplicada en Construcción - GRUA

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Revista Espacios (categoría B Colciencias)
Nombre Particular:	Evaluation of the impact of schedule risks in a road infrastructure project

Ciudad y fechas:	
Participantes:	David Ramírez Soto, Leonardo Rivera Cadavid Ph.D. Armando Orobio Quiñones Ph.D., Alvaro Julio Cuadros López
Sitio de información:	http://www.revistaespacios.com/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción, Grupo de investigación Aplicada en Construcción - GRUA

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Canadian Journal of Civil Engineering (Categoría Q2 Scimago)
Nombre Particular:	Quantitative risk analysis for construction projects considering risks correlations
Ciudad y fechas:	
Participantes:	Claudia Marcela Ortiz, Nicolle Alexandra Cruces, Leonardo Rivera Cadavid Ph.D. Armando Orobio Quiñones Ph.D., Alvaro Julio Cuadros López
Sitio de información:	http://www.nrcresearchpress.com/journal/cjce
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción, Grupo de investigación Aplicada en Construcción - GRUA

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Revista Scientia et technical (categoría B Colciencias)
Nombre Particular:	Performance control considering risks for construction projects
Ciudad y fechas:	
Participantes:	Lady Vanessa Rangel, Cristina Isabel Aguilar, Alvaro Julio Cuadros López
Sitio de información:	http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/index
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción

Ponencias

Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	Congreso Internacional Gestión e Innovación CIGI 2017
Nombre Particular:	Control del desempeño de proyectos de construcción considerando riesgos (GP-10)
Ciudad y fechas:	Paipa Boyacá - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Octubre 2017
Participantes:	Lady Vanessa Rangel, Cristina Isabel Aguilar, Alvaro Julio Cuadros López
Sitio de información:	http://www.uptc.edu.co/eventos/2017/cf/cigi/inf_general/index.html
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción

Tipo de producto:	Presentación de resultados en eventos de orden institucional
Nombre General:	10° Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Universidad del Valle
Nombre Particular:	Causas de demora en proyectos de construcción de vías. Estudio exploratorio
Ciudad y fechas:	Cali – Universidad del Valle. Mayo 2018
Participantes:	Armando Orobio Ph. D., Leonardo Rivera Cadavid Ph.D., Alvaro Julio Cuadros López

Sitio de información:	http://ingenieria.univalle.edu.co/programacion-simposio
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción, Grupo de investigación Aplicada en Construcción - GRUA

Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	3rd North American IEOM Conference
Nombre Particular:	Probabilistic Project Management Based on Earned Value Management, ID # 229
Ciudad y fechas:	Washington DC, USA - University of the District of Colombia (UDC). Septiembre 2018
Participantes:	Cristina Isabel Aguilar, Alvaro Julio Cuadros López, Lady Vanessa Rangel, Leonardo Rivera Cadavid Ph.D,
Sitio de información:	http://ieomsociety.org/dc2018/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción

Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	3rd North American IEOM Conference
Nombre Particular:	Selection of Project Duration Forecast Method Using Earned Value Metrics, ID # 233
Ciudad y fechas:	Washington DC, USA - University of the District of Colombia (UDC). Septiembre 2018
Participantes:	Alvaro Julio Cuadros López, Leonardo Rivera Cadavid Ph.D, Juan Pablo Ibarguen
Sitio de información:	http://ieomsociety.org/dc2018/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Logística y Producción

Estrategia de consecución de recursos externos

La estrategia para continuar con la investigación consiste en presentar un proyecto de investigación a Colciencias. El proyecto se titula "Propuesta metodológica para la toma de decisiones de aceleración de proyectos de construcción de carreteras considerando riesgos". La propuesta consta del planteamiento del problema, los objetivos, la metodología propuesta, el impacto ambiental y pertinencia social, revistas potenciales adonde se puede publicar los resultados, cronograma y presupuesto. El documento de propuesta se encuentra en los archivos anexos.

La convocatoria de Colciencias se llama "Invitación a presentar propuesta para la financiación de programas y proyectos relacionados con gestión pública" y se abrirá próximamente. Esta convocatoria es apropiada para continuar con la investigación dado que los proyectos de construcción de carreteras se realizan principalmente con recursos públicos y por contratos de obra pública. Con la investigación se pueden beneficiar las Secretarías de infraestructura tanto locales como departamentales.

Los archivos anexos se presentan documentos soporte. Los soportes se organizaron así:

- Carpeta Productos de nuevo conocimiento con los correos respuesta del envío o respuesta automática de la plataforma de envío de los artículos.
- Carpeta Formación recursos humanos con las actas de sustentación de los estudiantes que ya terminaron su trabajo.
- Carpeta Divulgación con los certificados de las ponencias realizadas y la programación del día y hora de las ponencias en IEOM Washington en septiembre 2018.
- Carpeta Estrategia de fortalecimiento con el archivo Propuesta de investigación.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



Firma del investigador principal



VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11,
con espacios de 1 1/2*