



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS
PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA**

Pablo Erickson Girón Palacios

Asesorado por el Msc. Ing. Juan Carlos Castillo Valdez

Guatemala, julio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS
PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO ERICKSON GIRÓN PALACIOS

ASESORADO POR EL MSC. ING. JUAN CARLOS CASTILLO VALDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

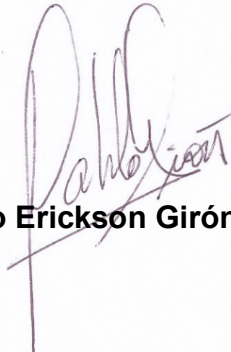
DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Velásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de enero del 2021.



Pablo Erickson Girón Palacios

Ref. EEPFI-1587-2020
Guatemala, 25 de noviembre de 2020

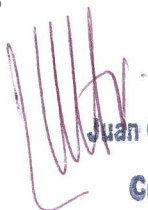
Director
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Ing. Aguilar:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Pablo Erickson Girón Palacios** carné número **199911484**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería Vial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

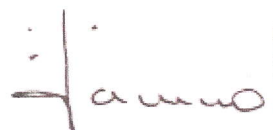
Atentamente,



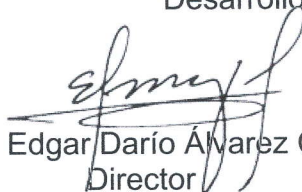
"Id y Enseñad a Todos"

Juan Carlos Castillo Valdez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 5719

Mtro. Juan Carlos Castillo Valdez
Asesor



Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador de Área
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético



Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIC-017-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitaria Pablo Erickson Girón Palacios, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, enero de 2021



DTG. 295.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS VIALES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Pablo Erickson Girón Palacios**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, julio de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser la fuente de inspiración para el desarrollo de la ciencia a través del tiempo.

Mis padres

Por ser el motor de superación para mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por facilitar la educación superior a la mayoría de los guatemaltecos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	7
3.3. Formulación del problema	8
3.3.1. Pregunta central	8
3.3.2. Preguntas auxiliares	8
3.4. Delimitación del problema.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15

7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Proyectos viales en Guatemala	17
7.1.1.	Entidades involucradas en la construcción de carreteras	18
7.1.1.1.	Entidades públicas.....	18
7.1.1.2.	Entidades privadas	19
7.1.1.3.	Alianzas público privadas	20
7.1.2.	Tipos de proyectos en Guatemala	21
7.1.2.1.	Construcción.....	21
7.1.2.2.	Mejoramiento	21
7.1.2.3.	Ampliación	21
7.1.2.4.	Reconstrucción.....	22
7.1.2.5.	Mantenimiento	22
7.1.2.6.	Reposición.....	22
7.2.	Gestión de proyectos	23
7.2.1.	¿Qué es un proyecto vial?.....	23
7.2.2.	Ciclo de vida de un proyecto vial	23
7.2.3.	Inicio.....	25
7.2.4.	Planificación	25
7.2.5.	Ejecución.....	26
7.2.6.	Monitoreo y control	26
7.2.7.	Cierre	26
7.3.	Costos de proyecto	27
7.3.1.	Costos ABC.....	27
7.3.1.1.	Costos directos	27
7.3.1.2.	Costos indirectos	28
7.4.	Presupuesto de proyecto	28
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	29

9.	METODOLOGÍA	33
9.1.	Enfoque	33
9.2.	Diseño de la investigación	33
9.3.	Alcance.....	34
9.4.	Variables e indicadores	34
9.5.	Fases de la investigación.....	36
9.6.	Plan de muestreo.....	37
9.7.	Resultados esperados	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	39
10.1.	Recolección de datos	39
10.2.	Consolidación de datos	39
10.3.	Análisis de datos	40
10.3.1.	Gráfico circular.....	40
10.3.2.	Gráfico de área	40
10.3.3.	Gráfico de barras	41
10.3.4.	Análisis de KPI.....	41
11.	CRONOGRAMA.....	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
13.	REFERENCIAS.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Etapas generales del ciclo del proyecto	24
2.	Ciclo de vida de un proyecto vial	25
3.	Cronograma del trabajo de investigación	43

TABLAS

I.	Tipos de variables	35
II.	Presupuesto	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Km.	Kilómetro
nm	Nanómetro
Q	Quetzales
%	Porcentaje

GLOSARIO

<i>Big Data</i>	Rama de la tecnología que estudia las dificultades inherentes a la manipulación de grandes grupos de información
Ciencia de datos	Campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento de datos.
<i>Dashboard</i>	Es un panel que contiene los principales KPI agrupados para una fácil comprensión e interpretación de información.
IA	Inteligencia Artificial
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> , hace referencia a una métrica que sintetiza información.

RESUMEN

Los proyectos viales en Guatemala son ejecutados gracias a la intervención de profesionales de diferentes ramas, la rama informática ha desempeñado un factor poco relevante, pero gracias al crecimiento tecnológico de los últimos años esta rama ha tendido a involucrarse en la planificación, ejecución y cierre de los proyectos a través de la ingeniería de datos.

La ingeniería de datos es ampliamente utilizada en la actualidad, y esto nos permite tomar el mejor provecho, en su mayoría, durante la fase de planificación y ejecución, debido a que durante la planificación de un proyecto vial se pueden determinar los índices que el planificador considere más relevantes y a través de un adecuado seguimiento comprobar la eficiencia de la ejecución.

Hasta la década de los años dos mil se realizaban análisis descriptivos y de diagnósticos basados en la información obtenida de un proyecto, para la década de los años dos mil diez basados en datos históricos se podía realizar un análisis predictivo. Actualmente a través de la ingeniería de datos podemos predecir que podría pasar y recomendar rutas de acción que favorezcan la ejecución del proyecto vial.

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería de datos aplicada a la gestión de proyectos viales puede definirse como un conjunto de conocimientos y técnicas orientadas a la utilización, aprovechamiento e interpretación de datos que permiten mejorar la eficiencia del proyecto, esta investigación busca identificar las etapas del proyecto en donde se puede aplicar esta técnica.

La característica principal de la ingeniería de datos es la capacidad de identificar los datos, en este caso generados por la planificación y ejecución de un proyecto vial, y poder unificarlos, analizarlos y a través de ellos obtener un aprendizaje que permita mejorar la ejecución del proyecto.

La causa por la que nace esta investigación es el poco aprovechamiento que tiene el programa de trabajo solicitado por la Dirección General de Caminos, el cual es un requisito indispensable para iniciar un proyecto vial; el crecimiento acelerado que tiene la tecnología en Guatemala y el impacto que tiene la ingeniería de datos en el diario vivir pero que pasa desapercibido para la mayoría de usuarios de internet.

Día a día la ingeniería de datos se aplica mayormente en el uso de las redes sociales, lo cual despertó el interés por profundizar este tema y buscar sus ventajas para aplicarlo a la gestión de proyectos viales.

El fin de todo proyecto es ejecutarlo en el costo presupuestado y el tiempo estimado este objetivo despertó el interés por aplicar la ingeniería de datos a nivel profesional ya que puede ser una herramienta útil para todo director de proyectos.

A través de un enfoque mixto se hará una investigación no experimental debido a que la implementación de la ingeniería de datos se hará a través de la información recolectada en campo, esta se analizará e interpretará. No se realizarán ensayos ni pruebas de laboratorio. A través del seguimiento de variables dependientes e independientes se determinarán los principales indicadores que muestren el estado del proyecto y el rumbo de su ejecución.

La investigación se divide en cuatro capítulos principales, primero el marco teórico sienta las bases de que son los proyectos viales en Guatemala, definen que es la Gestión de proyectos, como deben costearse y presupuestarse los proyectos idealmente.

El segundo capítulo de la investigación es el desarrollo de la investigación, aquí además de definir la ingeniería de datos se procesan los datos del proyecto que se analizará para identificar el presupuesto de obra, darle seguimiento a la ejecución y definir los informes que pueden obtenerse en estas dos etapas de la ejecución del proyecto.

En el tercer capítulo se analizarán los resultados, teniendo como principal objetivo identificar qué tipo de análisis es el ideal para que un director de proyectos, este análisis puede ser por tipo de recurso (mano de obra, materiales, insumos), análisis de montos a través de tiempo o una combinación de ambos.

El cuarto capítulo abordará una discusión de resultados, esto con el fin de identificar, analizar, mejorar y discutir los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y el análisis de resultados.

2. ANTECEDENTES

La forma de construir carreteras poco ha cambiado desde sus inicios, si bien es cierto que se han mejorado considerablemente las técnicas y los materiales para la construcción, también lo es que durante el proceso se sigue utilizando personal y equipo pesado para ejecutar un proyecto vial, es decir, la esencia sigue siendo la misma.

Por otro lado, el avance tecnológico ha impactado la construcción de carreteras ya que hace 30 años, en la década de 1,990, no se contaba con equipos de cómputo directamente en las obras; hace 20 años en la década de los 2,000 empezaban a aparecer equipos de cómputo en las obras pero eran utilizados mayormente para la parte administrativa y no para la ejecución en si misma; desde hace más de 10 años ya se realiza un mejor control del proyecto utilizando medios informáticos, siendo el dibujo asistido por computadora y las hojas de cálculo las herramientas más utilizadas para la cuantificación y el seguimiento de la obra.

Esta revolución tecnológica ha causado que para el año 2018 Guatemala sea el país con más usuarios de internet en toda Centroamérica con 7.2 millones de personas según un estudio realizado por (Google, 2018) de estos usuarios 6.8 millones de personas acceden a internet desde un teléfono inteligente, siendo estos dispositivos electrónicos más potentes que las computadoras de hace 30 años, esto hace posible que desde un teléfono inteligente se pueda dar seguimiento al programa de trabajo, las horas efectivas que trabajo un equipo pesado y el conteo de las horas laboradas por los colaboradores en cada frente de trabajo.

Tener a tantos usuarios conectados a internet ha permitido el cambio de tecnologías ya que, anteriormente se utilizaban ondas de radios para la comunicación entre frentes de trabajo, y ahora se utilizan herramientas de mensajería como WhatsApp; que para el 2017 generaba en el mundo 38 millones de mensajes por cada minuto según (Greenpeace, 2017).

Además, se han creado nuevos conceptos y nuevas técnicas que nacieron en el área informática pero que su uso no se limita a esta especialidad, por ejemplo, el volumen de información que se genera de forma desordenada ha obligado a que se busquen diferentes formas de manipular la información y superar las dificultades que esto conlleva, a esto se le conoce como Big Data (SAP, 2020).

Junto con este concepto se han creado nuevas técnicas para aprovechar la información, tal es el caso de la Ciencia de Datos el cual se puede definir como “Un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus diferentes formas” (Inteligencia Artificial Argentina, 2020, p. 34). El personal que labora en la construcción de una carretera puede variar entre los 25 colaboradores para trabajos menores hasta más de 500 para proyectos de gran envergadura como ampliaciones o rehabilitaciones; si todo este personal genera constantemente información valiosa para la ejecución y seguimiento del proyecto se está generando Big Data y si a esta información se le aplican técnicas para extraer experiencias y conocimiento de las mismas se está aplicando la ciencia de datos.

Se puede definir ingeniería como un “Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos” (Real Academia Española, 2020, p. 1).

Por lo tanto, podemos definir la Ingeniería de datos como un conjunto de conocimientos y técnicas orientadas a la utilización, aprovechamiento e interpretación de los datos.

Los proyectos viales en Guatemala son gestionados por la Dirección General de Caminos (DGC) entidad que, según las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes “tiene a su cargo el planeamiento a su nivel, estudio, diseño, preparación de documentos de licitación, cotización términos de referencia, construcción, supervisión y mantenimiento de las carreteras de la República” (Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, 2001, p. 101-3).

Actualmente la construcción y supervisión de las carreteras se hace a través de empresas privadas que funcionan como empresas supervisoras y empresas constructoras.

La DGC, las empresas supervisoras y constructoras tienen una estrecha relación ya que comparten información entre sí, pero con un enfoque distinto, como lo es, el programa de trabajo, el cual es elaborado por la empresa constructora, avalado por la empresa supervisora y utilizado por la entidad contratante, es decir la DGC.

Algunas empresas guardan un registro histórico de la ejecución de sus proyectos, como rendimientos de maquinaria, volúmenes históricos trabajados y cantidad de personal que laboró en cierta actividad, pero es muy valioso poder disponer de esta información a futuro que ayude a la ejecución, y es aquí donde la ingeniería de datos puede ayudar a que el control del proyecto se haga de una forma más eficiente.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antes de afrontar un problema debemos conocer, o al menos tener una idea, del tamaño o complejidad de este. En esta sección se abordará un contexto general, una descripción, la forma y la delimitación del problema.

3.1. Contexto general

Los proyectos viales en Guatemala, en su mayoría, son gestionados por la Dirección General de Caminos, la cual exige, en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, un Programa de trabajo para la construcción (MCIV, 2001). Este programa se modifica únicamente cuando se aprueban documentos de cambio que afecten el tiempo contractual, y se utiliza para conocer el avance financiero del proyecto vial.

3.2. Descripción del problema

Por ser una actividad mayor mente de campo, las empresas constructoras tienen mucho cuidado en la planificación y ejecución de los proyectos, pero pocas empresas aplican ingeniería al volumen de información generada durante las diferentes etapas del proyecto, es decir planificación, seguimiento y cierre del proyecto.

La revolución digital que se ha experimentado en los últimos años ha provocado que se tenga una gran cantidad de información, que bien recolectada y analizada, puede proporcionar premisas relevantes que afecten las futuras decisiones de una empresa, esto se conoce como Ingeniería de Datos.

Las empresas deben gestionar los proyectos viales con el objetivo de obtener el costo presupuestado y cumplir el programa estimado. La Ingeniería de datos puede utilizarse para mejorar los procesos, extraer conocimiento o un mejor entendimiento de la ejecución del proyecto vial.

3.3. Formulación del problema

Para poder formular el problema debemos analizar primero una pregunta general que englobe el problema y luego se plantearán algunas preguntas auxiliares que ayuden a identificar las partes del problema que requieren un especial análisis.

3.3.1. Pregunta central

¿Se gestionan los proyectos viales en Guatemala de tal forma que, a través de su ejecución, se mejoren los procesos y se extraiga conocimiento que sirva para futuras incursiones?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Se puede mejorar la ejecución de un proyecto vial basándose en la información recolectada y, con base a esta, tomar medidas correctivas?
- ¿Cuál debe ser el seguimiento que se le debe dar a un proyecto vial para que este se termine en el costo y tiempo estimado?
- ¿Qué puestos de trabajo pueden optimizarse para reducir los costos de un proyecto vial?

3.4. Delimitación del problema

Se analizará un proyecto de reposición de carpeta asfáltica con una longitud de 22 kilómetros ejecutado durante 9 meses. Se utilizarán rendimientos de ejecución, costo presupuestado y ejecutado, costo directo e indirecto, estructura de desglose de trabajo, herramientas especializadas para análisis e interpretación de resultados, todo desde la perspectiva de una empresa constructora.

4. JUSTIFICACIÓN

Este estudio sigue la línea de investigación planificación y ejecución, además de programación, control y seguimiento. Durante los últimos 10 años se puede ver en la construcción de carreteras, la subutilización del programa de trabajo por parte de la Dirección General de Caminos ya que, sin bien es cierto que se usa en cada estimación de trabajo para comparar el monto ejecutado contra el monto estimado, también lo es que no se aprovecha la totalidad de la información que este presenta, como rendimiento mensual de toneladas de asfalto colocado, volumen de metros cúbicos movidos por un renglón en específico, etc. El uso que se le da es a nivel global y no específico por cada renglón de trabajo.

Para la empresa constructora es importante conocer cuál es el estado actual de la ejecución de la obra, esto se puede determinar dándole seguimiento al programa de trabajo, pero a través de la ingeniería de datos, no solo se puede dar este seguimiento, sino que se puede conocer cómo se ejecutó un renglón específico en proyectos anteriores y, con base a esta ejecución, se puede realizar una proyección más acertada de cómo se ejecutará el renglón en un proyecto futuro.

Gestionar un proyecto vial, implementando la ingeniería de datos, brinda la oportunidad de realizar una óptima distribución de tareas, un enfoque más certero al registro y resguardo de información sensible y altamente cambiante, como el registro de horas laboradas del personal, horas en funcionamiento de maquinaria y materiales utilizados por renglón de trabajo.

Esto abre la posibilidad de reducir los costos de ejecución, mejorar los rendimientos de maquinaria y, por ende, reducir costos para las empresas constructoras. El impacto es directamente proporcional a la empresa contratante y se refleja en la reducción de tiempos de ejecución para los proyectos viales.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proporcionar una metodología de gestión de proyectos viales en Guatemala, durante su ejecución implementando ingeniería de datos.

5.2. Específicos

- Recomendar una herramienta que mejore la ejecución de un proyecto vial, basándose en la información recolectada durante su ejecución.
- Definir las etapas del proyecto en donde se debe implementar la ingeniería de datos.
- Crear una metodología para optimizar los recursos del proyecto vial mediante la evaluación y desempeño de los renglones de trabajo.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Para el año 2019 Guatemala ya contaba con un sistema de comunicaciones muy bien establecido, en promedio se invirtieron US\$ 100 millones de dólares por año (Prensa Libre, 2020) en un período de 11 años a partir del 2008. Este sistema permite que muchos trabajadores de la construcción vial tengan acceso a tecnología y al mismo tiempo esta no se aproveche para gestionar proyectos viales.

Además, tradicionalmente se cree que la gestión de proyectos únicamente depende del Superintendente del proyecto, o de las oficinas administrativas de un proyecto, cuando esta se puede gestionar a todos los niveles por medio de un involucramiento de todos los actores, cada uno cumpliendo la función asignada en su puesto de trabajo.

La necesidad por cubrir de esta investigación es una adecuada relación entre la gestión de un proyecto vial y el aprovechamiento de la tecnología disponible que está al alcance de todos los involucrados en la ejecución de un proyecto vial. Respecto al tema de gestión de proyectos existe mucha literatura que abarca todos los temas relacionados, etapas de un proyecto, programación, presupuesto, planificación e incluso ejecución. Sin embargo, por ser un tema relativamente nuevo, la gestión de proyectos viales por medio de ingeniería de datos es un tema en desarrollo.

Para solucionar el problema anterior, se proponen las siguientes etapas, descritas a continuación:

- Etapa núm. 1, consiste en una identificación a detalle de todas las etapas involucradas en la gestión de proyectos viales en Guatemala. Además, en esta fase también se espera identificar las etapas durante las cuales puede ser aplicada la ingeniería de datos.
- Etapa núm. 2, profundizar, explorar y aplicar la ingeniería de datos haciendo énfasis en los costos presupuestados y los costos ejecutados en un proyecto vial realizado en Guatemala.
- Etapa núm. 3, análisis de resultados realizado por medio de una herramienta especializada en el manejo de volúmenes altos de información, esto debido a que se pretende analizar toda la ejecución del proyecto y este seguimiento hará que el volumen de información sea amplio.
- Etapa núm. 4, discusión de resultados, aquí se hará una síntesis de todos los procesos elaborados para aplicar la ingeniería de datos de tal forma que permita identificar la forma correcta de aplicar esta disciplina a la administración de un proyecto vial ejecutado en Guatemala.

7. MARCO TEÓRICO

Los fundamentos y base para el desarrollo de la investigación inician en este capítulo, siendo los más importantes los tratados a continuación.

7.1. Proyectos viales en Guatemala

Desde que inicia un asentamiento humano, se tiene la necesidad de que sus habitantes interactúen entre sí, y a su vez interactuar con otros asentamientos dando paso a la formación de los caminos.

Desde su descubrimiento en marzo de 1524 Guatemala ha tenido cuatro ciudades que han tenido la función de capital del reino de Guatemala (Morales, 2014) durante este cambio las ciudades que han dejado de ser capital del reino se han mantenido habitadas a pesar de los desastres naturales, con esto se ha tendido la necesidad de comunicarse, no solo con las antiguas capitales, sino con los diferentes puntos poblados.

Todos los centros poblados se comunicaban entre sí por medio de “Caminos de herradura, que en general eran escabrosos y difíciles de transitar” (DGC, 2020, p. 5) a lo largo del tiempo se abrieron caminos que comunicaban la capital del reino con los principales puertos marítimos al norte y al sur del país.

A pesar de que por 200 años se construyeron caminos y puentes, algunos de ellos en pie hasta hoy, no fue sino hasta el 28 de marzo de 1920 que se creó la Dirección General de Caminos entidad que “Tiene a su cargo el planeamiento a su nivel, estudio, diseño, preparación de documentos de licitación,

construcción, supervisión y mantenimiento de las carreteras de la República.” (MCIV, 1975, p. 101-02).

En la actualidad los proyectos viales se siguen ejecutando, en su gran mayoría, por la Dirección General de Caminos, sin embargo, ya se cuenta con una ruta privada denominada Vía Alternativa del Sur (Conasa, 2020, p. 1) construida en su totalidad con fondos privados. Además el Ministerio de Finanzas Públicas creó el Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica que “Tiene como objeto establecer el marco normativo legal para la celebración y ejecución de contratos de infraestructura física nacional entre los sectores público y privado” (Ministerio de Finanzas, 2020, p. 1) este último fue creado por el Decreto Legislativo 16-2010 en el año 2010 y desde entonces han transcurrido 11 años y no se ha logrado ninguna alianza público privada.

7.1.1. Entidades involucradas en la construcción de carreteras

En Guatemala existen tres entidades que se encargan de la construcción y mantenimiento de carreteras y caminos estas son:

7.1.1.1. Entidades públicas

La Dirección General de Caminos (DGC) “Es la Institución Gubernamental que planifica, diseña, ejecuta y supervisa las obras de construcción, mejoramiento, ampliación, reconstrucción y mantenimiento de las carreteras en la República de Guatemala” (DGC, 2020, p. 3) según lo indica la misión de esta institución.

Unidad Ejecutora de Conservación Vial que tiene como misión “Conservar la infraestructura de la red vial del país” (Unidad Ejecutora de Conservación Vial,

2020, p. 2) esta actividad la ejecuta únicamente en los tramos que tiene asignada Covial, esto para evitar que le den mantenimiento a un tramo que tenga asignada una empresa constructora contratada por la DGC.

COVIAL nace con el Decreto 134-96 como Fondo Vial, creado con los recursos provenientes del Impuesto a la distribución de petróleo crudo y combustibles derivados del petróleo. Es una dependencia del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda y ejecuta la conservación vial por medio de las “Actividades de mantenimiento rutinario, periódico y atención de emergencias” (COVIAL, 2020, p. 6).

Las municipalidades por medio de sus oficinas de planificación municipal constantemente publican concursos en la página de Guatecompras en donde licitan mejoramientos y mantenimientos a los caminos municipales. Normalmente un proyecto vial no incluye las calles del casco urbano de una población, estas calles y caminos vecinales están a cargo de las municipalidades por esta razón es la tercera entidad que tiene a su cargo la construcción de proyectos viales.

7.1.1.2. Entidades privadas

Guatemala ya cuenta con una carretera construida en su totalidad por una entidad privada, esta es la Vía Alternativa del Sur (VAS), a pesar de no contar con la supervisión de la DGC esta fue diseñada conforme a las Especificaciones Generales de Carreteras y Puentes y bajo las especificaciones de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) según lo indica su página oficial (VAS, 2020).

Así como esta carretera fue construida por una entidad privada, seguramente se construirán más carreteras de este tipo en un futuro cercano, es

una carretera privada que se conecta con las carreteras públicas sobre la CA-9 sur en el delta de Bárcenas y con al Carretera a Villa Canales en el Km 18. Para lograr esta conexión con las vías públicas fue necesaria la no objeción por parte de la DGC y los permisos municipales para la construcción y adaptación de la vía con los caminos municipales.

7.1.1.3. Alianzas público privadas

Esta es una modalidad que el Estado contrata a largo plazo entre entidades públicas y privadas que llegan a un acuerdo para proveer al estado de un activo o servicio público necesario para la población, pero que el estado no puede financiar. En este modelo la parte privada asume los riesgos significativos y la responsabilidad de administrar el proyecto, a su vez la retribución de la inversión está vinculada al éxito que tenga el proyecto.

Con las alianzas público privadas se vincula el capital y la especialización del sector privado con la provisión de bienes y servicios públicos, esto implica la retención y transferencia de riesgos entre las partes y mecanismos de pago relacionados con el éxito del proyecto además de la disponibilidad de niveles de servicio asociados a una infraestructura pública. Finalmente se debe determinar un proceso para realizar la transferencia del bien al estado que puede tener un máximo de 30 años.

En Guatemala ya existe un marco legal que hace posible las alianzas público privadas el cual inicia con la ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica creada por el decreto 16-2010 del Congreso de la República, además existe el Reglamento de la ley de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica creado por el Acuerdo Gubernativo 360-2011. Además, existen manuales, resoluciones y reglamentos dictados por el Consejo

Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica, finalmente los proyectos de alianzas público privadas deben regirse por la Ley de contrataciones del estado.

7.1.2. Tipos de proyectos en Guatemala

Tal como lo describe la misión de la DGC los tipos de proyectos que se ejecutan en Guatemala son:

7.1.2.1. Construcción

Estos proyectos consisten en la construcción en todos los niveles de obras que permiten la incorporación de una vía nueva a la red vial existente, por ejemplo, la construcción del desvío de Barberena, y el libramiento de Chimaltenango.

7.1.2.2. Mejoramiento

Este tipo de proyecto aumenta la calidad del servicio que presta una vía existente mediante cambios en su diseño geométrico o mediante cambios o mejoras a su estructura de pavimento. En este tipo de proyecto se pueden incluir los caminos de terracería que son pavimentados.

7.1.2.3. Ampliación

Cuando un proyecto se ejecuta para aumentar su capacidad vehicular se clasifica como una ampliación, aquí se incluyen construcción de carriles adicionales por ejemplo una ampliación de dos a cuatro carriles o la construcción de un carril de ascenso.

7.1.2.4. Reconstrucción

Cuando una vía se encuentra en muy mal estado, y su nivel de servicio ha disminuido considerablemente debido al deterioro, se dice que se hará una reconstrucción, utilizando los procesos necesarios para lograrlo; en algunos casos los daños son tan severos que afectan la estructura de pavimento y se hace necesario intervenir las capas de sub-base y base de la estructura de pavimento.

7.1.2.5. Mantenimiento

Como se expuso con anterioridad esta actividad está a cargo de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial y tiene como principal objetivo “Conservación de la red vial del país, la totalidad de la red vial pavimentada y parcialmente la red vial no pavimentada, con la tendencia de incrementar su cobertura” (COVIAL, 2020, p. 3).

7.1.2.6. Reposición

En los últimos años el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y vivienda han publicado, a través de la página Guatecompras, concursos de Reposición.

Este tipo de concursos están orientados principalmente a proyectos con carpeta de rodadura de asfalto y consiste en el proceso constructivo de fresar una capa de asfalto existente y reponerla con el mismo espesor fresado. Debido a este proceso constructivo recibe el nombre de Reposición, en algunos casos se incluyen trabajos de drenaje menor y obras de protección, pero estos dependen del dictamen técnico que emita la DGC.

7.2. Gestión de proyectos

La gestión se puede definir como “Ocuparse de la administración, organización y funcionamiento de una empresa” (RAE, 2020, p. 1) de tal forma que la gestión de un proyecto se refiere a la administración desde su inicio, al funcionamiento, puesta en marcha y conclusión de un proyecto.

7.2.1. ¿Qué es un proyecto vial?

Un proyecto “Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (*Project Management Institute, 2013, p. 3*) con esta base, se puede definir que un proyecto vial es un esfuerzo temporal que involucra recurso humano, maquinaria y materiales, que se lleva a cabo para crear una vía que será puesta al servicio de una población y que forma parte de la red general vial del país.

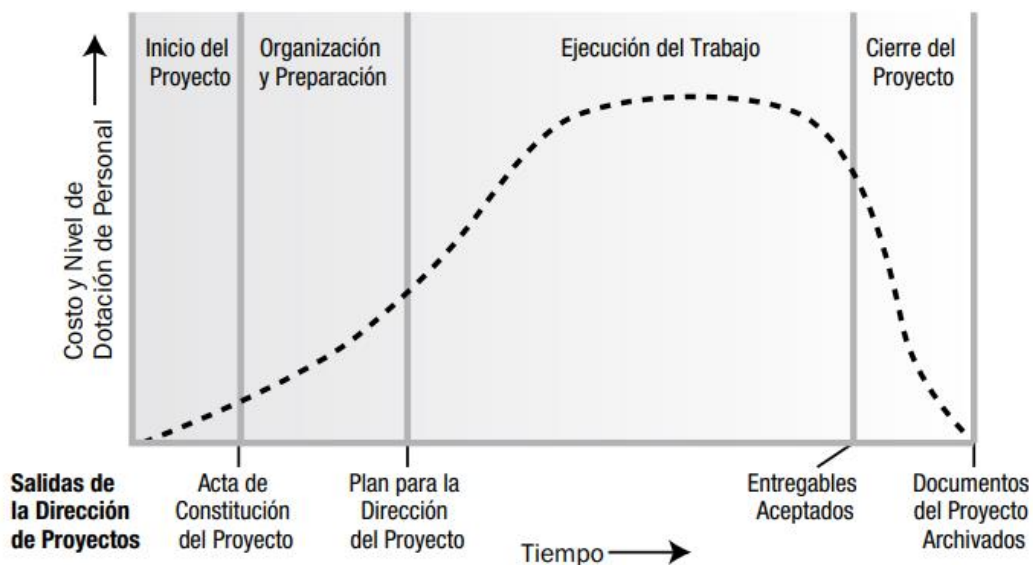
7.2.2. Ciclo de vida de un proyecto vial

Se puede definir el ciclo de vida de un proyecto como una “Serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre.” (PMI, 2013, p. 38) con base a esta definición se pueden definir cuatro etapas macro del ciclo de un proyecto, estas son:

- Inicio del proyecto
- Organización y preparación
- Ejecución del trabajo
- Cierre del proyecto

A medida que se avanza en el ciclo del proyecto se involucran más recursos, esto se debe a que en el inicio de un proyecto, en su concepción, solamente es una idea y esta idea conforme se madura genera nuevas necesidades que son atendidas por personal especializado.

Figura 1. **Etapas generales del ciclo del proyecto**



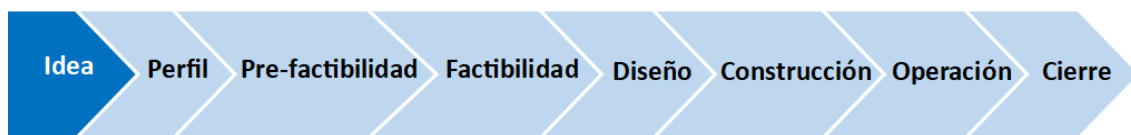
Fuente: PMI (2013). *Fundamentos para la dirección de proyectos*.

En Guatemala el ciclo de un proyecto nace con una idea o la necesidad de una población que gestiona por medio de sus autoridades locales la inclusión del proyecto vial a la Dirección General de Caminos, la cual elabora un perfil técnico, luego contrata un estudio de prefactibilidad, seguidamente un estudio de factibilidad a estas tres etapas se les conoce como preinversión.

La siguiente etapa en el ciclo de un proyecto es la Inversión, la cual consiste en un diseño geométrico y con base a este diseño se procede a la licitación y contratación de los trabajos para concluir esta etapa con la ejecución.

La etapa final del ciclo del proyecto es la puesta en marcha y operación, durante esta etapa se pone al servicio de la comunidad la obra ejecutada e inicia el cierre del proyecto, posterior a esto entra en una etapa de mantenimiento el cual puede ser rutinario o periódico.

Figura 2. **Ciclo de vida de un proyecto vial**



Fuente: elaboración propia.

Para este estudio interesa la parte de construcción, por lo que se definirán las etapas involucradas en esta actividad, estas son:

7.2.3. Inicio

Para el inicio de un proyecto vial en Guatemala se hace necesario contar con un programa de trabajo, el cual está normado en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes publicadas por la Dirección General de Caminos, este es uno de los principales requisitos que se necesitan y que ayudan tanto a la empresa ejecutora como a la empresa supervisora a darle seguimiento al proyecto vial.

7.2.4. Planificación

Otra actividad que se debe realizar previo al inicio de la ejecución de los trabajos, es la planificación, con esta se pretende determinar la programación,

tiempo de ejecución y utilización de los recursos que serán necesarios para ejecutar el proyecto vial.

7.2.5. Ejecución

Es la etapa donde se da vida al proyecto vial y depende de una adecuada planificación que contemple buenos rendimientos, además de un monitoreo constante y un control de proyectos que permita terminar el proyecto en el costo estimado y en el tiempo programado.

7.2.6. Monitoreo y control

Se entiende por monitoreo y control de un proyecto a la constante recopilación de información que permita cuantificar el avance y el costo de un proyecto, para que por medio de esta actividad se puedan identificar las etapas y los tiempos que necesiten ajustes para cumplir con el objetivo del proyecto.

7.2.7. Cierre

La ejecución de los proyectos viales en Guatemala finaliza al alcanzar el objeto por el cual fueron contratadas las empresas constructoras y supervisoras, ya sea un mejoramiento, una reposición, una ampliación, entre otros. Pero esta finalización es el inicio de una etapa, por ejemplo el cierre de un proyecto de construcción, es el inicio de un proyecto de mantenimiento. Se debe considerar en el cierre de un proyecto la recopilación de la información generada en el mismo, esto con el fin de generar un registro de los rendimientos de maquinaria, volúmenes de trabajo y costos reales de ejecución y así poder compararlo contra el presupuesto inicial del proyecto.

7.3. Costos de proyecto

No todas las empresas cuentan con un control de costos de proyecto, muchas empresas se guían por la información generada por el departamento contable, pero esta no es suficiente para determinar los costos de ejecución puesto que tiene otro enfoque. A pesar que hay muchos métodos para el control de costos profundizaremos en el método ABC.

7.3.1. Costos ABC

Este método para costeo de proyectos se denomina ABC por sus siglas en inglés *Activity Based Costing* y “Consiste fundamentalmente en asignar costos a los insumos necesarios para ejecutar todas las actividades de un proceso productivo” (Toro, 2010, p. 46) este método de costos es ideal para aplicarlo a los proyectos viales en Guatemala, ya que la forma básica de contratación por parte de la DGC es por renglones de trabajo, los cuales están descritos en las Especificaciones Técnicas de Carreteras y Puentes y pueden ser fácilmente identificables y aplicables.

7.3.1.1. Costos directos

Este tipo de costo es el “Que pueden ser directamente reconocidos en un objeto de costo mediante un claro mecanismo cuantitativo de seguimiento” (Toro, 2010, p. 7) aplicado al ámbito vial son todos los costos que influyen directamente en la ejecución de un renglón contractual, es decir, todos los costos que se pueden identificar y cuantificar dentro de una misma actividad. Un ejemplo sería el cemento que se utiliza en la construcción de las cunetas colocadas a lo largo de la pista.

7.3.1.2. Costos indirectos

Es un tipo de costo que “Aunque están relacionados con un objeto de costo específico, no pueden ser reconocidos en éste mediante una simple fórmula económica” (Toro, 2010, p. 7); dentro de este costo se encuentra la administración de un proyecto vial ya que es necesaria para la ejecución del proyecto, pero no puede asignarse específicamente a un renglón en particular.

Regularmente el costo indirecto de un proyecto vial es fijo, por lo que se debe tener en cuenta que crece directamente proporcional al tiempo que se ejecuta un proyecto.

7.4. Presupuesto de proyecto

El presupuesto es una herramienta de planeación y control de proyectos, podemos definirla como “Una coordinación general de las proyecciones financieras de todas las unidades integrantes de una empresa, calculadas para un período de tiempo determinado” (Toro, 2010, p. 107) esta definición relaciona la proyección de costos con las unidades de trabajo, ya que como se definió en el inciso anterior los costos de un proyecto vial están integrados por los actores directos e indirectos de un proyecto.

De la misma forma en que se puede costear un proyecto vial con base a los renglones de trabajo, se puede presupuestar utilizando estos mismos renglones, esto es lo más recomendable para que cuando se comparen ambos costos pueda hacerse de una forma coherente.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Proyectos viales en Guatemala

1.1.1. Entidades involucradas en la construcción de carreteras

1.1.1.1. Entidades públicas

1.1.1.2. Entidades privadas

1.1.1.3. Alianzas público privadas

1.1.2. Tipos de proyectos en Guatemala

1.1.2.1. Construcción

1.1.2.2. Mejoramiento

1.1.2.3. Ampliación

1.1.2.4. Reconstrucción

1.1.2.5. Mantenimiento

1.1.2.6. Reposición

1.2. Gestión de proyectos

- 1.2.1. ¿Qué es un proyecto vial?
- 1.2.2. Ciclo de vida de un proyecto vial
- 1.2.3. Inicio
- 1.2.4. Planificación
- 1.2.5. Ejecución
- 1.2.6. Monitoreo y control
- 1.2.7. Cierre
- 1.3. Costos de proyecto
 - 1.3.1. Costos ABC
 - 1.3.1.1. Costos directos
 - 1.3.1.2. Costos indirectos
- 1.4. Presupuesto de proyecto

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1. Ingeniería de Datos
 - 2.1.1. Control de proyectos
 - 2.1.2. Big data
 - 2.1.3. Ciencia de datos
 - 2.1.4. Ingeniero de datos
 - 2.1.5. Análisis de datos
 - 2.1.6. Software para análisis datos
- 2.2. Procesamiento de datos
 - 2.2.1. Presupuesto de obra
 - 2.2.2. Seguimiento a la ejecución
 - 2.2.3. Segmentación de informes

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE COSTOS / ANÁLISIS FINANCIERO

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

Esta investigación tendrá un enfoque mixto, debido a que se obtendrá información de un proyecto vial, se analizarán, se relacionarán y se interpretarán los resultados de forma cuantitativa y cualitativa, esto con el fin de mejorar la ejecución del proyecto.

El enfoque cuantitativo se hará por medio de la recolección de datos de los costos presupuestados, además se obtendrán los datos relacionados a los costos ejecutados y se medirá el costo unitario de los renglones que forman parte de la estructura de desglose de tareas previamente establecida.

El enfoque cualitativo se hará al comparar el costo presupuestado con el costo ejecutado, aquí no se manipularán las variables, sino se analizarán y se le dará seguimiento a los costos ejecutados que se encuentran fuera del rango establecido y permitido para que, a través de este análisis, se puedan tomar medidas correctivas.

9.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es no experimental, debido a que la información se obtendrá directamente de campo, pero no se realizarán ensayos o pruebas en laboratorios, además no se manipularán las variables, pues lo que se pretende es observar el comportamiento de la información para posteriormente analizarlo. También el diseño de la investigación será transversal porque el estudio de

investigación está delimitado en tiempo por medio de una fecha de inicio y una fecha de finalización del proyecto.

9.3. Alcance

El alcance será correlacional ya que se pretende evaluar con mayor exactitud la gestión de un proyecto vial a través de la ingeniería de datos. Además, se pretende analizar la vinculación de las variables costo presupuestado vs costo real ejecutado.

9.4. Variables e indicadores

Para poder determinar el comportamiento de la ejecución de un proyecto respecto a su planificación se pretende identificar las siguientes variables:

- Independientes
 - Estructura de desglose de tareas
 - Recursos por utilizar en el proyecto
 - Personal que laborará en el proyecto
 - Maquinaria por utilizar
 - Rendimiento de maquinaria

- Dependientes
 - Costo total presupuestado del proyecto
 - Costos unitarios por cada tarea
 - Costos ejecutados por cada tarea
 - Reporte de consumo de recursos
 - Reporte de horas maquina trabajadas.
 - Reporte de horas hombre trabajadas

- Reporte de costos presupuestados vs ejecutados

Los indicadores antes mencionados representan las mediciones cuantitativas que se realizarán durante la investigación, estas mediciones explicarán cómo se gestiona el proyecto en el tiempo.

Tabla I. **Tipos de variables**

Formulación del problema	Objetivos	Variable	Tipo de variable	Indicadores	Técnicas metodológicas	Plan de tabulación de datos
¿Se gestionan los proyectos viales en Guatemala de tal forma que, a través de su ejecución, se mejoren los procesos y se extraiga conocimiento que sirva para futuras incursiones?	Gestionar proyectos viales en Guatemala, dándole seguimiento a su ejecución implementando ingeniería de datos.	Costos: Presupuestado total Presupuestado por renglón Ejecutado total Ejecutado por renglón	Cuantitativas	KPI 1 = (Costo ejecutado / Costo presupuestado)	Cuantificación, almacenaje y consolidación de datos.	Gráfico lineal: para poder comparar el costo presupuestado y el costo ejecutado.
	Mejorar la ejecución de un proyecto vial, basándose en la información recolectada durante su ejecución.	Costo ejecutado por renglón Rendimientos de maquinaria	Cuantitativas	KPI 2 = (Costo ejecutado por renglón / Costo presupuestado por renglón)	Cuantificación, almacenaje y consolidación de datos.	Diagrama de barras: mediante la comparación del costo ejecutado y el costo presupuestado.
	Definir las etapas del proyecto en donde se debe implementar la ingeniería de datos.	Tiempo de ejecución Costo mensual	Cuantitativas	Costo real Costo presupuestado Variación del costo	Observación del comportamiento del tiempo de ejecución y el costo mensual	Curva S: análisis del comportamiento del costo real y el costo presupuestado a través del tiempo.
	Optimizar los recursos del proyecto vial mediante la evaluación y desempeño de los renglones de trabajo.	KPI 1 KPI 2	Cualitativas	Personal asignado por renglón de trabajo. Insumos y materiales utilizados por renglón de trabajo.	Observación del comportamiento de los indicadores KPI 1 y KPI 2	Almacenamiento y registro de todos los costos presupuestados y ejecutados utilizando la herramienta Power BI

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de la investigación

Las fases propuestas para la elaboración de esta investigación son:

- Fase 1: definición de las etapas del proyecto donde puede intervenir la ingeniería de datos, mediante el análisis detallado de un proyecto de reposición de carpeta asfáltica con una longitud de 22 kilómetros ejecutado durante 9 meses. Se utilizarán rendimientos de ejecución, costo presupuestado y ejecutado, costo directo e indirecto, estructura de desglose de trabajo, y la herramienta para análisis e interpretación de resultados Power BI.
- Fase 2: captura de información, en esta fase se obtendrá el costo inicial presupuestado y el costo ejecutado, además de los diferentes indicadores como la fecha de inicio, la fecha de finalización y tiempo de ejecución. Lo anterior a través del registro de horas máquina, horas hombre y recursos consumidos por cada actividad.
- Fase 3: análisis de la información, con la información almacenada se procederá a calcular los indicadores descritos en la tabla I, y a la interpretación de los resultados obtenidos.
- Fase 4: mejoras en la ejecución, en esta fase se propondrán las fases en donde se puede mejorar la ejecución del proyecto vial a través de la ingeniería de datos.
- Fase 5: discusión de resultados, se procederá con la revisión e interpretación de los resultados.

9.6. Plan de muestreo

Debido a que el alcance de la investigación es correlacional, y a través de la ingeniería de datos se tiene la capacidad de almacenar, relacionar y analizar grandes cantidades de información, por lo tanto, se procederá a evaluar universo de datos, el 100 %, es decir, se utilizará la totalidad de las muestras del proyecto vial.

9.7. Resultados esperados

Después de interpretar los indicadores se espera que, a través de los costos de proyecto se puedan obtener los siguientes resultados:

- Identificar el costo real ejecutado.
- Identificar la diferencia entre el costo presupuestado y el costo real ejecutado.
- Identificar las variaciones del costo en el tiempo, para tener la capacidad de tomar medidas correctivas.
- Identificar el costo real ejecutado.
- Recomendar una herramienta que permita integrar e identificar toda la gestión del proyecto a través de la ingeniería de datos.
- Identificar una mejora de la ejecución por medio de los indicadores que, periódicamente, son integrados.
- Recomendar las etapas del proyecto en dónde es posible aplicar la ingeniería de datos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para este análisis se utilizará la estadística descriptiva ya que la ingeniería de datos tiene como fuentes de alimentación datos dispersos no optimizados para análisis, y estos se evalúan o se analizan principalmente por medio de gráficas, por esta razón se hace importante conocer y definir técnicas que permitan el análisis de la información generada en un proyecto vial.

10.1. Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizarán hojas electrónicas que deberán ser previamente configuradas y estructuradas de tal manera que permitan una adecuada interrelación entre ellas.

Se contará con datos universales de los cuales se podrá disponer en cualquier momento, por ejemplo, una hoja electrónica que contenga un detalle de la fecha, por ejemplo: una fecha en específico tiene relacionada el día, el mes, el año, la quincena a la que pertenece, entre otros.

10.2. Consolidación de datos

Para el análisis de la información generada, se hace necesaria una consolidación de los datos, que permita relacionar una o varias fuentes de información, mediante campos claves, esos campos permiten acceder a toda la información y generar cubos de información lista para su análisis.

Se estima que se tendrá un volumen de información alto, el cual analizar de forma independiente se hace casi imposible, pero es factible analizarlo mediante una serie de relaciones que permitan su fácil comprensión.

10.3. Análisis de datos

Una vez consolidada la información es posible analizar los datos mediante una correlación de datos recopilados, este análisis se hará por medio de gráficos que permitan unificar y simplificar la información.

10.3.1. Gráfico circular

Este diagrama se utilizará para analizar el total de la información, este diagrama puede representar el costo total de la ejecución distribuido en cuatro grandes rubros que pueden ser: mano de obra, maquinaria, materiales y subcontratos. Este diagrama es particularmente muy efectivo porque transmite la idea de un todo con parámetros fácilmente revisables. Por ejemplo, si el costo presupuestado total de mano de obra es del 25 % con este diagrama se verifica que el costo ejecutado se encuentre dentro de este parámetro, en caso contrario se deben tomar medidas correctivas.

10.3.2. Gráfico de área

Este gráfico es muy parecido a un gráfico lineal, la diferencia radica en que este gráfico colorea toda el área bajo la línea formada por los datos, esto es especialmente útil ya que se pueden superponer dos datos similares y a simple vista se identifican las diferencias entre ambos. Este gráfico se utilizará para graficar datos en el tiempo.

Existe también una variación de este gráfico que permite sumar las áreas graficadas, esto es ideal si se quiere visualizar toda la información en áreas.

10.3.3. Gráfico de barras

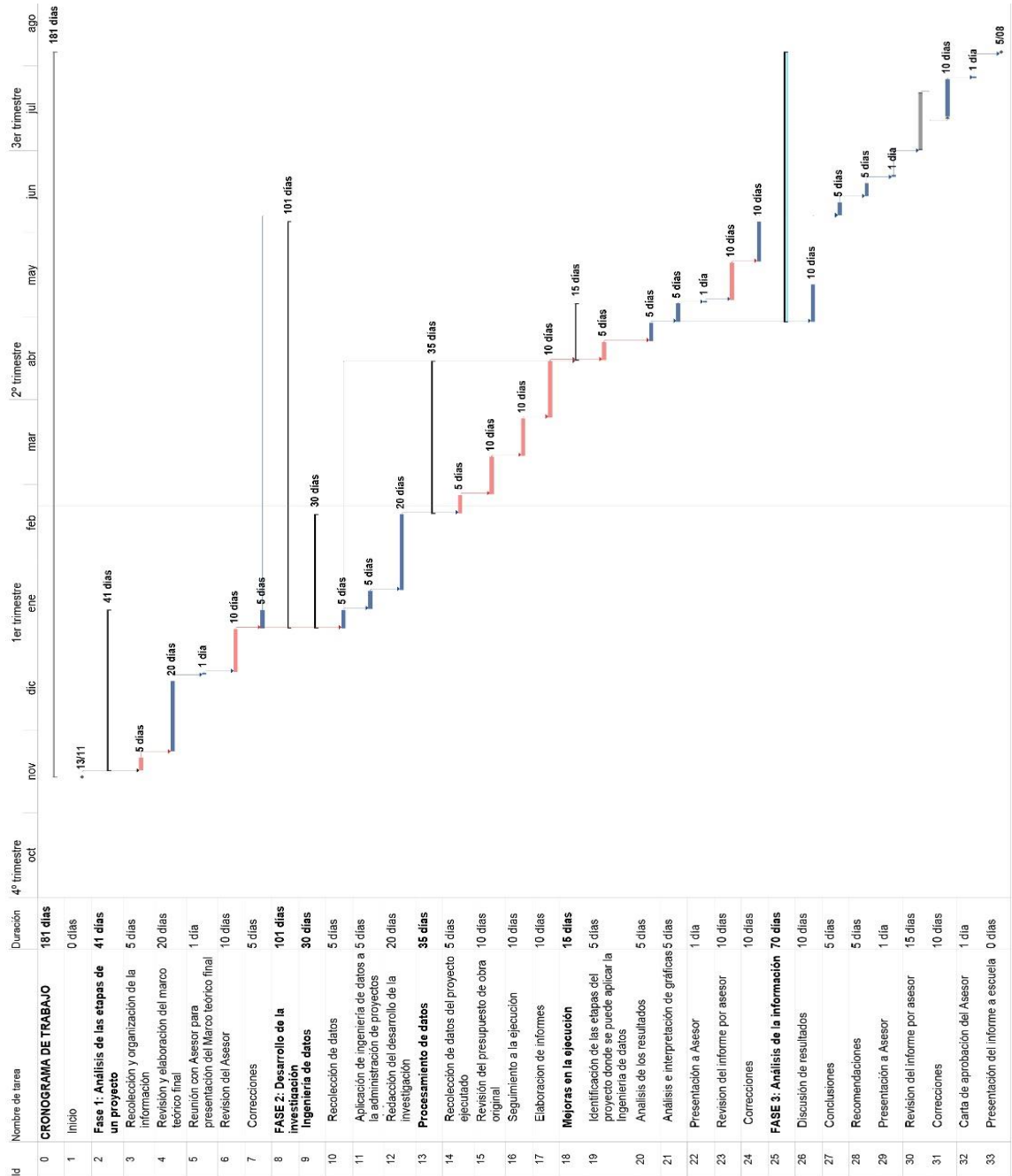
Con este gráfico se pueden resumir datos por categorías, para este efecto se graficarán los costos unitarios presupuestados versus costos ejecutados permitiendo una comparación rápida de ambos costos tanto por categorías como terracería, drenaje mayor y menor, renglones varios, pavimentos, dispositivos de señalización y renglones ambientales; así como la comparación de renglones específicos.

10.3.4. Análisis de KPI

Key Performance Indicator, KPI por sus siglas en inglés, se puede traducir como un indicador clave de desempeño y es utilizado para identificar el desempeño esperado de una actividad. Por ejemplo, si tengo una holgura en la ejecución del proyecto del 5 %, el KPI de ejecución será igual al costo ejecutado dividido el costo presupuestado si este KPI está por debajo del 5% será un indicador bueno, en caso contrario, si el KPI es mayor que el 5 % se debe resaltar el indicador y tomar medidas correctivas.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma del trabajo de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La factibilidad de un proyecto depende de una buena administración de los recursos con los que este proyecto cuente, tanto recursos humanos como materiales, tangibles e intangibles.

- **Recurso humano:** el recurso humano involucrado en este estudio es el ingeniero asesor el cual prestará su asesoría *ad honorem* y el autor del estudio. Debido a que todo el análisis se hará en gabinete no se involucrará a más recurso humano.
- **Recurso material:** los recursos materiales a utilizar directamente en el desarrollo de la investigación serán equipo de cómputo, papelería y útiles de oficina, calculadora e internet. Indirectamente se tendrá el uso de vehículos, viáticos de alimentación para las revisiones y un factor de imprevistos.

El presupuesto estimado se elaborará con base al cronograma de trabajo descrito en el capítulo 11, el cual muestra que es factible realizar el trabajo de investigación en 181 días calendario equivalentes a 6 meses.

Esta distribución de tiempo se realizó de esta forma, ya que el objetivo principal es tener la investigación terminada y revisada por el ingeniero asesor, cuando inicie el sexto trimestre y se discuta el contenido de esta investigación durante el curso Seminario III: Informe final.

En la tabla siguiente se muestran una descripción de los recursos a utilizar y un monto aproximado en quetzales.

Tabla II. **Presupuesto**

Número	Descripción	Unidad	Cantidad	Monto unitario	Monto total	Porcentaje	Fuente
1	Recurso humano						
2	Pablo Girón	Horas	264	Q 125.00	Q 33,000.00	61.36 %	Propia
3	Asesor	Horas	66	Q 250.00	Q 16,500.00	30.68 %	Donación
4	Recurso material						
	Depreciación equipo de cómputo	Horas	264	Q 5.00	Q 1,320.00	2.45 %	Propia
5	Útiles de oficina	Mensual	3	Q 250.00	Q 750.00	1.39 %	Propia
6	Calculadora	Unidad	1	Q 175.00	Q 175.00	0.33 %	Propia
7	Internet	Horas	264	Q 1.76	Q 463.50	0.86 %	Propia
8	Viáticos						
9	Alimentación	Mensual	3	Q 150.00	Q 450.00	0.84 %	Propia
10	Sala de reuniones	Mensual	3	Q 75.00	Q 225.00	0.42 %	Propia
11	Depreciación de vehículo	Mensual	3	Q 250.00	Q 750.00	1.39 %	Propia
12	Combustible	Mensual	3	Q 50.00	Q 150.00	0.28 %	Propia
13							
Totales					Q 53,783.50	100 %	

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. CONASA (2020). *Vía Alternativa del Sur*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.conasa.com.gt/proyectos/proyectos-vas/>
2. COVIAL. (2020). *Misión y Visión*. Guatemala: Autor. Recuperado de <http://www.covial.gob.gt/mision-y-vision/>
3. Dirección General de Caminos (2020). *La Dirección General de Caminos*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://caminos.gob.gt/quienes-somos.html#:~:text=ANTECEDENTES%3A%20La%20obra%20via%20de,interrumpidos%20por%20r%C3%ADos%20y%20barrancos>.
4. Google. (2018). *Guatemala: las claves de la digitalización*. California: Autor. Recuperado de <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/es-419/insights/guatemala-las-claves-de-la-digitalizacion/>
5. Google. (2020). *Guatemala: perspectivas digitales*. California: Autor. Recuperado de <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/es-419/estrategias-de-marketing/aplicaciones-y-dispositivos-moviles/guatemala-las-claves-de-la-digitalizacion/>
6. Greenpeace. (2017). *Clicking clean ¿Quién está ganando la carrera para construir un internet verde?* Madrid: Autor.

7. IAAR. (2020). *Introducción a la Big Data*. Argentina: Autor. Recuperado de <http://iaarbook.github.io/bidata/>
8. IBSMaker. (2020). *Ingeniería de Datos*. New York: Autor. Recuperado de <https://ibsmaker.com/intelligence-business-services/empresa-data-ready/ingenieria-de-datos/>
9. MCIV. (1975) *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América.
10. MCIV. (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América
11. MINFIN. (2020). *Alianza para el Desarrollo de Infraestructura Económica*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.minfin.gob.gt/index.php/2015-07-23-19-31-33>
12. Morales, F. (2014). *Nueva Guatemala de la Asunción, génesis y desarrollo*. Guatemala: Barrio Querido.
13. PMI. (2013). *Fundamentos para la dirección de proyectos*. Newtown Square, Pensilvania, EE.UU: Project Management Institute, Inc.
14. Prensa Libre (2020). *En 11 años esto representó en inversión el sector de telecomunicaciones en Guatemala*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/economia/en-11->

anos-esto-ha-representado-en-inversion-el-sector-de-
telecomunicaciones-en-guatemala/

15. RAE. (2020). *Asociación de Academias de la Lengua Española* Madrid: Autor. Recuperado de <https://dle.rae.es/ingenier%C3%ADa>
16. SAP (2020). *Tendencias*. Palo Alto: Autor. Recuperado de <https://www.sap.com/latinamerica/trends/big-data.html>
17. Toro, F. (2010). *Costos ABC y presupuestos*. Bogotá, Colombia: Eco Ediciones.
18. Vía Alternativa del Sur (2020). *Carretera VAS*. Guatemala: Autor. Recuperado de http://www.vasguatemala.com/#carretera_vas