



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO
PARA EL CONTROL DEL CONSUMO DE RECURSOS EN EL PROCESO DE ENTREGA DE
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, PARA MEJORA DE SU PRODUCTIVIDAD**

Luis Enrique Orellana Vega

Asesorado por el MSc. Ing. Javier Miguel Siguantay Ortíz

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO
PARA EL CONTROL DEL CONSUMO DE RECURSOS EN EL PROCESO DE ENTREGA DE
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, PARA MEJORA DE SU PRODUCTIVIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ENRIQUE ORELLANA VEGA

ASESORADO POR EL MSC. ING. JAVIER MIGUEL SIGUANTAY ORTÍZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

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. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. Jaime Roberto Ruíz Díaz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DE UN SISTEMA DE GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL CONTROL DEL CONSUMO DE RECURSOS EN EL PROCESO DE ENTREGA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, PARA MEJORA DE SU PRODUCTIVIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrados, con fecha 14 de febrero de 2020.

Luis Enrique Orellana Vega

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por llenarme de bendiciones, permitirme haber alcanzado este logro y estar siempre a mi lado.
- Mis padres** Leonel Orellana y Martina Vega, por ser mi inspiración, soporte y motivación en todo este proceso. Por siempre creer en mí.
- Mis hermanos** Edgar y Astrid Orellana, por motivarme y apoyarme en todo momento y ser parte de este éxito.
- Mis sobrinos** Sebastián y Andreé Gil, por ser parte de mi felicidad y con el deseo de llegar a ser un ejemplo en su vida.
- Mi novia** Karen Ramírez, por motivarme, apoyarme y acompañarme en este proceso.
- Mis amigos** Con quienes a lo largo de la vida nos hemos apoyado, hemos crecido y hemos logrado cosas importantes en la vida. Para los que siguen conmigo y los que a lo largo de este proceso han aportado mucho en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de sus aulas y así, aportar al país y al pueblo.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme adquirir los conocimientos necesarios para ejercer mi profesión y hacerme crecer profesional y personalmente.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por contribuir a mi crecimiento y aportar conocimientos complementarios a mi carrera.
Ingeniero	Javier Siguantay, por brindarme su apoyo y conocimiento en la asesoría del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Formulación del problema	11
3.2.1. Pregunta central	11
3.2.2. Preguntas auxiliares	12
3.2.3. Delimitación del problema	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. Objetivo general	15
5.2. Objetivos específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19

7.1.	Materiales de construcción.....	19
7.1.1.	Materiales de construcción utilizados en Guatemala	19
7.1.2.	Tipos de materiales de construcción	20
7.1.3.	Agregados	21
7.1.3.1.	Agregados gruesos	22
7.1.3.2.	Agregados finos	23
7.1.4.	Precios de materiales de construcción en Guatemala	24
7.2.	Distribución urbana de mercancías.....	24
7.2.1.	Problemas logísticos	26
7.2.2.	Modelos para la distribución.....	28
7.2.3.	Administración de flotas	28
7.2.3.1.	Clasificación de flotas de transporte.....	29
7.2.4.	Recursos utilizados	30
7.3.	Sistema de posicionamiento global (GPS).....	30
7.3.1.	Funcionamiento del GPS.....	31
7.3.2.	Beneficios del GPS	32
7.3.3.	Errores del GPS	32
7.3.4.	Instalación y utilización del GPS en la industria	33
7.4.	Indicadores de desempeño	34
7.4.1.	Características de los indicadores de desempeño .	35
7.4.2.	Construcción de indicadores de desempeño.....	36
7.4.3.	Funciones de los indicadores de desempeño	37
7.4.4.	Evaluación de los indicadores de desempeño	38
7.4.5.	Indicadores logísticos.....	39
7.5.	Productividad	41
7.5.1.	Medición de la productividad.....	42
7.5.2.	Factores que influyen en la productividad	44

7.5.3.	Importancia de la productividad	45
7.5.4.	Evaluación de la productividad	46
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE Y CONTENIDOS	49
9.	METODOLOGÍA.....	51
9.1.	Enfoque	51
9.2.	Diseño de la investigación	51
9.3.	Tipo de investigación	51
9.4.	Alcance.....	52
9.5.	Variables.....	52
9.6.	Fases del estudio	53
9.6.1.	Revisión documental	53
9.6.2.	Diagnóstico	53
9.6.3.	Análisis	54
9.6.4.	Propuesta de mejora	55
9.7.	Resultados esperados.....	56
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	59
11.	CRONOGRAMA.....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
12.1.	Presupuesto	66
13.	REFERENCIAS.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fórmula de productividad.....	41
2.	Ejemplo de gráfica de presentación de variables.....	60
3.	Cronograma de actividades	63

TABLAS

I.	Tabla de precios de materiales de construcción	24
II.	Operativización de variables	52
III.	Método de investigación.....	54
IV.	Fórmulas	59
V.	Ejemplo de presentación de variables.....	60
VI.	Presupuesto	66

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Km	Kilómetro
m	Metro
m³	Metro cúbico
GPS	Sistema de posicionamiento global
3/4"	Tres cuartos de pulgada
1/2"	Un medio de pulgada

GLOSARIO

<i>Benchmarking</i>	Técnica o herramienta de gestión que consiste en tomar como referencia los mejores aspectos o prácticas de otras empresas y adaptarlos a la propia empresa, agregándole mejoras.
Eficacia	Capacidad para producir el efecto deseado o de ir bien para determinada cosa.
Eficiencia	Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.
Estocástica	Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria, tal como la secuencia de las tiradas de un dado.
Factible	Que puede ser hecho o que es fácil de hacer.
Gestión	Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa.
Grava	Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas.

Indicador

Dato o información para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.

Mercancía

Bien que se comercia.

RESUMEN

Se abordará un problema de gastos innecesarios de recursos en una empresa comercializadora de materiales de construcción, situación que afecta los costos de operación y la rentabilidad de la empresa. El objetivo es identificar las causas que generan los gastos innecesarios para generar posibles soluciones que mejoren la productividad de la empresa.

Se diseñará un sistema de GPS que permita controlar los movimientos y las acciones relacionadas con la operación. La implementación de tecnología le permitirá a la empresa tener un estatus real; así mismo, obtendrá información valiosa para crear indicadores de desempeño para controlar e identificar las vulnerabilidades de la empresa que generan gastos innecesarios.

El esquema de solución se trabajará bajo cuatro fases de investigación: revisión documental, en la cual se estudiará la teoría y los trabajos relacionados con la investigación; diagnóstico, en el cual se obtendrán los datos y se utilizarán las diferentes técnicas de investigación planteadas para seguir a la siguiente fase; fase de análisis, en la cual se analizará la información obtenida y se procesará para tener un panorama más amplio de la operación de la empresa; fase final, o la propuesta de mejora, en la cual se plasmarán los aportes generados para darle solución a la problemática existente.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo consiste en una sistematización de una propuesta para disminuir el gasto innecesario en el proceso de entrega de materiales de construcción, a través de un diseño de sistema GPS y con indicadores de desempeño que permitan controlar la operación para mejorar la productividad de la empresa, la cual se dedica a la distribución de materiales de construcción.

El problema principal es la falta de control en el gasto de recursos en el proceso de entrega de materiales, ya que para realizar su distribución se consumen varios recursos que representan un costo para la empresa. Por lo cual se tienen gastos innecesarios, que hacen que la empresa sea menos rentable y su productividad sea baja. Además, produce atrasos, pérdidas, reclamos y problemas internos que afectan directamente a los objetivos de la empresa. Además, ocasionan mala atención al cliente y mala relación con los proveedores.

La creación de la propuesta se enfoca en la incorporación de tecnología y nuevos procedimientos en el proceso de entrega de materiales; por lo tanto, es importante minimizar los gastos y mejorar la operación para evitar pérdidas a futuro, que aproveche al máximo los beneficios que aporta el uso del sistema GPS y la información que brindan los indicadores de desempeño.

Con este trabajo se busca aportar el diseño de una solución acorde a los objetivos de la organización; para que tenga un mejor control del consumo de sus recursos, ser más productivos, crear una mejor relación con los proveedores y mejorar el servicio al cliente. Al mejorar su productividad y rentabilidad, la

empresa tendrá la oportunidad de crecer y mejorar su competitividad en el mercado.

El esquema de solución se compondrá de cuatro fases basadas en los objetivos de la investigación. La fase uno la integran la revisión documental: la descripción de los materiales de construcción que la empresa distribuye, la importancia de la distribución urbana de mercancías y la descripción de las herramientas de solución, el sistema GPS y los indicadores de desempeño. La segunda fase consta del diagnóstico de la empresa, específicamente, en el proceso de entrega de materiales. La tercera fase la integran el análisis de la operación y la medición de los factores que influyen en el gasto innecesario de recursos. La última fase representa la propuesta de diseño del sistema de GPS y los indicadores de desempeño para mejorar la productividad de la organización.

El trabajo de investigación es factible realizarlo, ya que se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo las fases de la investigación, en las cuales se consideran los recursos materiales y humanos necesarios para culminar dicho trabajo.

El primer capítulo de la investigación lo compone el marco teórico. Se realiza el estudio teórico de los materiales de construcción en Guatemala, el giro principal de la organización; también, se aborda la distribución urbana de mercancías, para lograr entender la importancia que tiene este proceso dentro de la cadena de valor de la organización; además, se realiza la revisión teórica de los temas relacionados con la propuesta de solución, la utilización del GPS y la creación de los indicadores de desempeño que aportarán valor a la operación de la empresa; finaliza con la revisión de la medición de la productividad.

En el segundo capítulo se realiza la presentación de los resultados en el análisis de la operación de la empresa.

En el tercer capítulo se desarrolla la discusión de los resultados en el diseño de la propuesta de mejora.

2. ANTECEDENTES

Hernández, Álvarez y Arango (2012) en su estudio *Los sistemas de monitoreo satelital, una propuesta logística integral para el manejo de la cadena de suministro en las empresas del sector transporte* hablan sobre los beneficios y las ventajas que el GPS ha proporcionado a la industria, principalmente, en el sector logístico. Donde más beneficios representa es en el área logística, ya que se ha convertido en una herramienta muy útil para las empresas y ha sumado valor a los procesos. En el caso del presente diseño de investigación, al ser una empresa dedicada a la distribución de mercancías, el estudio aporta a la investigación lineamientos que pueden adaptarse a la forma de diseñar el sistema de GPS, para reducir costos en el proceso de entrega de materiales de construcción.

Sanz, Pastor y Benedito (2013) en su estudio *Distribución urbana de mercancías: descripción y clasificación de soluciones existentes e implementación de dos soluciones novedosas* indican que la distribución urbana de mercancías juega un papel fundamental en una empresa, ya que este proceso puede representar costos que afectan el capital y que pueden significar grandes pérdidas; por lo tanto, los autores detallan soluciones novedosas con la utilización de la tecnología y tomando en cuenta factores inherentes al proceso de distribución, que en ocasiones se omiten. Al presente estudio aporta conceptos y herramientas logísticas que pueden adaptarse a la propuesta de mejora del presente estudio, que considera la tecnología y la operación de la empresa.

Ortiz (2017) en su trabajo *Diseño de investigación del sistema GPS e indicadores de desempeño para el control y monitoreo de los técnicos rutereros de*

una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones para incrementar su productividad y competitividad estudia el uso del GPS en una empresa de telecomunicaciones para mejorar el desempeño del personal, a través del monitoreo de los operadores y darle seguimiento mediante la creación de indicadores que permita aplicar una mejora continua. Este estudio provee de importantes aportes a la investigación, ya que se desarrolla en una empresa nacional y el objetivo del estudio es incrementar la productividad y competitividad utilizando la tecnología GPS; por lo que conecta los beneficios de la tecnología con la mejora en la operación de la empresa; explica la conexión entre el monitoreo del personal, los vehículos y el desempeño para la creación de indicadores que mejoren la medición de la productividad.

Pozo-Ruz, Ribeiro, García-Alegre, García y Guinea (2014) en su trabajo *Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro* estudian el uso del GPS, las posibles aplicaciones, los errores y la descripción del uso de la herramienta; ya que la evolución del uso de este ha evolucionado, hasta el punto de ser de gran utilidad para las empresas. Al utilizar la tecnología GPS es necesario conocer su funcionamiento, los posibles errores y las contingencias que pueda presentar; por lo tanto, el aporte de valor de este estudio es importante para la investigación, porque aporta la descripción del funcionamiento, los tipos de medición y los beneficios que esta tecnología aporta a la industria.

Costa y Castaño (2015) en su investigación *Simulación y optimización para dimensionar la flota de vehículos en operaciones logísticas de abastecimiento-distribución* estudian el uso del GPS para la planeación logística, con el objetivo de minimizar tiempos de ocio, mejorar las entregas y agilizar el proceso de carga-distribución para una empresa.

Para el presente estudio, revisar y analizar los beneficios que los sistemas GPS pueden aportar a la industria es importante, ya que el presente estudio tiene como objetivo identificar los factores que representan gastos innecesarios, con el uso de la herramienta para elaborar una propuesta de beneficio para la empresa.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gasto innecesario de recursos y baja productividad en el proceso de entrega de materiales de construcción, debido a la débil gestión de los recursos y la falta de estandarización de los procesos.

3.1. Descripción del problema

El uso correcto de los recursos en una empresa es muy importante y es el fin de esta; sirven para generar ganancias, cubrir gastos de operación y el mantenimiento de la empresa. Sin embargo, como organización, se puede desatender u obviar el consumo de los recursos y hacer gastos innecesarios, lo que se puede traducir en pérdidas monetarias y de oportunidad. En la actualidad el control y manejo de la cadena logística ha mejorado y se ha logrado identificar puntos que ayudarán a la mejora continua de la logística.

Zuluaga, Gómez y Fernández (2014) indican que en la última década ha adquirido importancia la determinación de la eficiencia, la eficacia y/o los puntos críticos en los flujos de información, dinero y materiales en la logística y cadena de suministro; por lo cual se ha hecho necesario el cálculo, la evaluación, la comparación y el establecimiento de parámetros o metas de sus procesos los cuales se hacen posibles a través de la medición del desempeño por medio de indicadores; los cuales son definidos, citando a Heredia (2001), como una medida para cuantificar la eficacia y eficiencia de un proceso o actividad.

Para una organización es importante definir indicadores que permitan medir el desempeño del proceso y el consumo de recursos, que identifique cuáles son

los más valiosos y, por lo tanto, en los que se deben enfocar. Actualmente, la empresa no cuenta con ningún control de medición del consumo y uso de los recursos. Organizacionalmente, la empresa se ha visto comprometida en cuanto a pagos a proveedores, atrasos en la entrega y problemas de recurso humano. Además, el gasto innecesario de recursos y la falta de control también influye en la valoración de la organización, frente a los competidores y posibles clientes.

Castellanos (citado por Zuluaga, Gómez y Fernández 2014), indica que al realizar mejoras en la cadena de suministro se obtienen beneficios como:

- Incremento en la competitividad y mejora de la rentabilidad para superar la globalización.
- Optimización de la gerencia y la gestión logística comercial nacional e internacional.
- Ampliación de la visión gerencial para convertir la logística en un modelo, como un mecanismo para la planificación de las actividades internas y externas de la empresa.

En el proceso de entrega, la supervisión a los pilotos es necesaria y de ellos depende, en gran parte, que estas se completen, en el horario y lugar acordado, con el consumo de la menor cantidad de recursos y con el uso de la mayor cantidad de viajes posibles. Sin embargo, la falta de supervisión conlleva a tiempos muertos, problemas y averías en el vehículo o incluso en robo de recursos; pero al no contar con un sistema que permita controlar los movimientos y acciones de los pilotos, el único registro y evidencia del mal manejo de los recursos es la pérdida de capital y los reclamos de los clientes finales.

En la actualidad, existen herramientas que pueden facilitar el control y seguimiento en el proceso de entrega, para aprovechar los recursos disponibles y las herramientas tecnológicas que el mercado ofrece como los sistemas de posicionamiento global, los cuales, según Domínguez (1998), cuentan con las siguientes funciones: localización, navegación, seguimiento, mapas y tiempo.

Considerando las funciones antes descritas, el diseño de un sistema que permita medir y controlar las actividades de los pilotos dentro del proceso de entregas es factible; además, puede contribuir a la elaboración de indicadores que permitan identificar puntos de mejora para aumentar la productividad.

La empresa necesita ser más competitiva y mejorar su productividad para desarrollarse; los problemas financieros son recurrentes y los clientes necesitan el cumplimiento de las entregas. Se han presentado oportunidades para atender a más clientes, pero las limitaciones financieras y operativas lo impiden.

3.2. Formulación del problema

Para tener una mejor perspectiva del problema, es necesario formular preguntas de investigación que permitan crear un plan para resolverlo, se formulará una pregunta central y tres auxiliares.

3.2.1. Pregunta central

- ¿Cómo reducir el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción, a través de un sistema de GPS e indicadores de desempeño?

3.2.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cómo se controla el consumo de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción?
- ¿Cuáles son los factores que más influyen en el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción?
- ¿Qué mejoras en la productividad aporta el diseño de un sistema GPS e indicadores de desempeño en el proceso de entrega de materiales de construcción?

3.2.3. Delimitación del problema

La investigación se realizará en el periodo de febrero a septiembre del año 2020, dentro de una empresa comercializadora de materiales de construcción, ubicada en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se inserta en la línea de investigación de innovación, directamente, en relación tecnología – productividad, de la Maestría en Gestión Industrial de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; esto es debido a que la empresa donde se trabajará tiene problemas de productividad, derivado del consumo innecesario de recursos; por lo tanto, se utilizarán herramientas de ingeniería y la relación con la tecnología para diseñar una propuesta de mejora.

Es de suma importancia la utilización de la tecnología y la creación de indicadores de desempeño, los cuales permitirán mejorar el control del consumo de recursos; además, aportará información para la toma de decisiones que puede llevar a una mejora de la competitividad, rentabilidad y atención a los clientes. También, aportará una mejora en la planificación y operación de las rutas de entrega, lo cual representa un ahorro de recursos y mejora en las condiciones laborales de los pilotos.

La necesidad de realizar el trabajo de investigación se basa en el aprovechamiento de recursos y capital de la empresa, ya que, al no tener un adecuado control y sistematización en el proceso de entrega de materiales, puede provocar pérdida de clientes, oportunidad de crecimiento e inversión. Además, surge la necesidad de innovar la operación en el proceso de entrega de materiales para obtener mejores resultados para replicar el uso de la tecnología en otros procesos de la empresa.

La motivación para realizar este trabajo de investigación es aportar los conocimientos adquiridos y proveer una solución efectiva para la empresa, para que alcance sus objetivos, aproveche al máximo sus recursos y sea rentable. Además, proponer una solución innovadora que pueda replicarse o servir como ejemplo para empresas con operaciones similares.

Los beneficios directos de esta investigación se podrán reflejar en el proceso de entrega de materiales, ya que busca reducir el consumo innecesario de recursos; mejorar los tiempos de entrega, el servicio al cliente la relación con los proveedores, y aumentar en la productividad de la empresa. Además, el uso de la tecnología puede representar un mejor control y seguimiento de la operación, con la aportación de herramientas e información valiosa para la toma de decisiones.

El beneficiario de este trabajo de investigación, principalmente, es la empresa; sin embargo, los clientes y proveedores son, también, beneficiarios; ya que, al mejorar la operación y productividad, la atención al cliente será mejor y la relación con los proveedores. Los pilotos figuran entre los beneficiarios, debido a que la nueva forma de trabajo permitirá que el tiempo sea aprovechado al máximo, para generarles beneficios monetariamente.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de GPS y de indicadores de desempeño para reducir el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.

5.2. Objetivos específicos

- Describir la forma de control del consumo de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.
- Identificar los factores más influyentes en el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.
- Determinar las mejoras que aporta en la productividad el diseño de un sistema GPS y de indicadores en el proceso de entrega de materiales de construcción.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad de realizar el trabajo de investigación se basa en el aprovechamiento de recursos y capital de la empresa; ya que, al no tener un adecuado control y sistematización en el proceso de entrega de materiales, puede provocar pérdida de clientes, e impedir el crecimiento y la inversión. Además, surge la necesidad de innovar la operación en el proceso de entrega de materiales para obtener mejores resultados para replicar el uso de la tecnología en otros procesos de la empresa.

El esquema de solución del presente trabajo será por fases, las cuales buscarán resolver las necesidades que se presentan en la investigación; inicia en la fase de revisión documental, la cual se enfocará en la teoría y los antecedentes para explicar la problemática.

La segunda fase comprende el diagnóstico de la empresa, específicamente, en el proceso de entrega de materiales. Se describe el proceso, la forma de trabajo para identificar las oportunidades de mejora y las deficiencias.

En la tercera fase se analizan los puntos clave del proceso que pueden representar gastos innecesarios para determinar cuáles afectan directamente la productividad y necesitan atención para mitigar las deficiencias.

En la cuarta y última fase se realizará una propuesta de mejora, enfocada en la propuesta del diseño de un sistema GPS para generar valor en los puntos deficientes encontrados; además, la propuesta de indicadores de desempeño

que permitan la medición objetiva de los puntos clave para mejorar la productividad de la empresa.

7. MARCO TEÓRICO

En la presente sección se describirá la información correspondiente a la investigación; se detallan conceptos relacionados con el rubro principal al que se dedica la empresa y las herramientas para alcanzar los objetivos.

7.1. Materiales de construcción

Los materiales de construcción son necesarios para las distintas obras de construcción que se realizan en cualquier parte del mundo; son parte fundamental en el desarrollo y la edificación de todas las ciudades; son requeridos en la construcción de viviendas, carreteras, edificios, urbanización y otras aplicaciones.

7.1.1. Materiales de construcción utilizados en Guatemala

En Guatemala, la Cámara Guatemalteca de la Construcción (2019) rige todo lo referente a los temas de construcción; está conformada por empresas constructoras, fabricantes, proveedoras, consultoras, financieras y de servicios vinculados al sector construcción de Guatemala.

La Cámara Guatemalteca de la Construcción (1969) en sus estatutos define las siguientes funciones relacionadas con los materiales de construcción:

- Gestionar ante el Gobierno de la Republica que toda construcción se realice por medio de contratos.

- Promover el mejoramiento de la calidad de los materiales de construcción de manufactura nacional y cooperar con el establecimiento de una oficina de normas de calidad.
- Velar por la protección de los intereses contractuales de los asociados, en todos sus aspectos, y asesorarlos en la presentación de sus gestiones administrativas, laborales o de otra índole, de acuerdo con la ley.

Por lo tanto, la Cámara Guatemalteca de la Construcción (2019) “se encarga de la regulación de precios y registrar los materiales que se utilizan en la construcción” (párr. 2). A continuación, se detallan los materiales utilizados en Guatemala.

- Hierro corrugado
- Hierro liso
- Acero de alta resistencia
- Estructumalla
- Armalit
- Gaviones
- Tubo
- Aglomerantes y agregados
- Concreto
- Mezcla
- Blocks de pómez y de concreto

7.1.2. Tipos de materiales de construcción

Los materiales de construcción pueden ser clasificados según sus características y su uso. No pueden encerrarse en una sola clasificación.

Fuentes (2006) los clasifica según su función específica:

- Aglomerantes
 - Aglomerantes aéreos
 - Yeso
 - Cal aérea
 - Aglomerantes hidráulicos
 - Cemento
 - Cal hidráulica
 - Aglomerantes hidrocarbonatos
 - Alquitrán
 - Asfaltos
 - Betún
- Agregados
 - Agregados gruesos
 - Agregados finos
 - Agregados de baja densidad
 - Agregados de alta densidad
 - Agregados de escoria de altos hornos
- Morteros
- Concretos

7.1.3. Agregados

Los agregados son los materiales que tienen alta presencia en las construcciones de cualquier tipo, por eso su comercialización es valiosa en toda obra, gracias a sus características y propiedades. Fuentes (2006) menciona que son muy importantes por es un material más económico que el cemento y por su facilidad de obtención; también, por ser el elemento que da cuerpo (forma la

estructura interna) al concreto. Tiene que cumplir con las especificaciones y proporciones de grava y arena, su tamaño requerido, limpieza, lugar de procedencia. En general, de la calidad de estos agregados y por sus características físicas, químicas y mecánicas dependerán directamente los resultados buscados.

Los agregados deben ser de buena calidad y cumplir con las características necesarias; ya que, como se mencionó en el párrafo anterior, estos constituyen el cuerpo del concreto; por lo tanto, la calidad del concreto y el cumplimiento de su función dependen directamente de la calidad de los agregados.

Se definen dos tipos de agregados: finos y gruesos.

7.1.3.1. Agregados gruesos

Los agregados gruesos están dentro del catálogo de comercialización de la empresa, debido a la importancia y necesidad en la construcción. El agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. “En consecuencia, se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia” (Gutiérrez, 2003, p.48).

La forma de este material es importante y se describe como “un material granulado como la grava o piedra triturada, usado en la dosificación del concreto” (Fuentes, 2006, p.139).

En Guatemala al agregado grueso se le conoce como piedrín, el cual, dependiendo la función específica, se utiliza en diferentes granulometrías; esto debido a que “se reduce el porcentaje de vacíos que existe entre las partículas haciendo la masa de los agregados más compacta” (Fuentes, 2006, p.140).

La empresa maneja las siguientes granulometrías: piedrín de ½” y piedrín de ¾”.

7.1.3.2. Agregados finos

Al igual que los agregados gruesos, los finos también son parte de la materia prima para obtener el concreto y esta cumple una función: el agregado fino “se usa como llenante, además, actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto” (Gutiérrez, 2003, p.49).

Los agregados finos la integran la arena clasificada según su origen. Fuentes (2006) presenta la siguiente clasificación:

- Silicuas o cuarzonas
- Calizas
- Graníticas y arcillosas

Cada una es utilizada para una función específica; además, tienen diferente granulometría y propiedades especiales según su uso en la construcción. La empresa comercializa principalmente la arena de río, la cual tiene las siguientes características: “generalmente de partículas redondas por el acarreo que han sufrido, pueden contener arcillas y otras impurezas como la materia orgánica, o bien ser demasiado finas, según su localización” (Fuentes, 2006, p.142).

7.1.4. Precios de materiales de construcción en Guatemala

Como se indicó en los párrafos anteriores, quien regula y se encarga de fijar los precios de los materiales de construcción es la Cámara de la Construcción de Guatemala, quienes revisan y actualizan estos constantemente. Se actualiza mensualmente, a través de encuestas a fabricantes, distribuidores y ferreterías del departamento de Guatemala (Cámara Guatemalteca de la Construcción, 2019).

Están contenidos en una lista donde se detalla el precio promedio de los principales materiales destinados para la construcción.

La CGC (2019) detalla el precio de los materiales que la empresa comercializa:

Tabla I. **Tabla de precios de materiales de construcción**

Material	Unidad de medida	Precio
Arena de río	M ³	Q 117.51
Arena amarilla	M ³	Q 125.63
Piedrín 1/2"	M ³	Q 207.54
Piedrín 3/4"	M ³	Q 207.54

Fuente: elaboración propia.

7.2. Distribución urbana de mercancías

En toda empresa comercializadora, la distribución de mercancías es parte fundamental para su funcionamiento y éxito, lo que representa “el último eslabón

de servicio en la cadena de transporte, por lo que también se le conoce como la logística de la ‘última milla’ (Antun, 2013, p.1).

La distribución puede ser un elemento difícil de controlar para las empresas, ya que se tienen que considerar varios factores que no dependen directamente de ellos y si no se controlan pueden significar el fracaso y un grave problema.

Para comprender estos factores:

La distribución urbana de mercancías engloba esencialmente los movimientos relacionados con la actividad comercial. Incluye el transporte de mercancías, con sus operaciones asociadas: entrega, recolección, transferencias, carga/descarga, colocación en puntos de venta, *cross docking* con o sin almacenamiento transitorio para abastecimiento múltiple durante la jornada en centros de carga de pedidos, y retornos en la logística inversa en el tejido urbano. (Antun, 2013, p.3)

Una de las características principales de la distribución urbana de mercancías es que posee un gran componente dinámico, debido al constante movimiento de los vehículos en la ciudad y lo que esto conlleva, la variación en los tiempos de tránsito debido a posibles accidentes, a la acumulación de flujo vehicular, así como en un momento dado, la poca circulación de vehículos en las vías, pero adicionalmente, también está presente una variación en los tiempos de atención por parte de los clientes, que puede ser por la cantidad de vehículos que esperan ser atendidos o simplemente por demoras en la atención a los vehículos y también se encuentran la naturaleza estocástica de la demanda con la posible llegada o cancelación de pedidos; todo esto puede producir un cambio en los

planes de distribución que se habían diseñado al inicio de la jornada. (Arango, Gomez, y Serna, 2017, p.60)

Guatemala no es la excepción, ya que a diario circulan vehículos de todo tipo por el centro urbano: particulares, de carga, comerciales y transporte público; al transitar por la ciudad, en ocasiones los vehículos transitan por más de un municipio, por lo que se deben adaptar a la normativa de cada uno. Considerando que es muy difícil predecir el tráfico, los bloqueos o los accidentes que se puedan presentar a lo largo de la ruta, el esfuerzo por minimizar el impacto de estos factores debe incrementarse.

Al ser la distribución la fase final de la cadena de transporte, como mencionó (Antun, 2013), por lo que está ligada directamente a la satisfacción del cliente; de ese proceso depende si se cumple con la expectativa y los requerimientos de este, también, de la productividad y rentabilidad de la empresa.

7.2.1. Problemas logísticos

Los problemas logísticos pueden asociarse a factores externos que no están directamente ligados a la organización y, por lo tanto, los esfuerzos están enfocados en minimizar la incidencia de estos. Dichos factores se pueden definir como externalidades asociadas. Antun (2013) los define como:

- **Degradación urbana:** está asociada a la distribución territorial de las viviendas y el espacio urbano. En ciertos sectores las calles no son aptas para los vehículos distribuidores y esto genera problemas para el acceso a los destinos, o bien, conflicto con la comunidad.

- Congestión: la distribución de mercancías representa una fracción importante del tráfico urbano, el proceso de carga y descarga implica gran cantidad de vehículos, paradas continuas, desperfectos mecánicos y carga vehicular.
- Accidentes: la distribución de mercancías está implicada en el 15 %-20 % de los accidentes en núcleo urbano.

También, existen problemas internos que están ligados directamente a la organización, y que tienen repercusión tanto en la operación como en la rentabilidad de la empresa. Arango, *et al.* (2017) identifican los siguientes:

- Integración: implica la incorporación de todos los actores implicados en la distribución de mercancías, tienen que estar alineados desde la obtención de datos hasta el ruteo. Teniendo presente los objetivos de la organización.
- Coordinación: conlleva a la utilización de los recursos de una manera responsable y eficiente, considerando que todos los involucrados son un equipo, que deben trabajar en coordinación y aprovechando al máximo el uso y mejorar el desempeño del proceso de distribución.
- Sostenibilidad: se refiere a los efectos que el proceso genera sobre los tres componentes principales: ambiental, social y económico. Procurando disminuir accidentes, contaminación, inseguridad y demoras en el proceso de entrega.

7.2.2. Modelos para la distribución

Según la necesidad y el giro de negocio de cada empresa, existen modelos que se adecuan para cumplir con sus objetivos. Arango, Gomez y Conrado (2017), de los modelos logísticos, identifican tres tipos:

- Modelos de demanda: este modelo se centra en la identificación de productores, distribuidores, clientes, volumen de mercancías y cantidad de viajes de entrega. En estos modelos se puede medir el comportamiento de la demanda a través de estimaciones de carga, viajes y tipos de vehículos utilizados en el proceso.
- Modelos de ruteo: estos modelos se centran en el modelado del tiempo, la capacidad de transporte y el inventario en ruta. Para estos modelos los factores determinantes son: las regulaciones del tráfico, congestión vehicular, condiciones de las vías, emergencias y espacios de estacionamientos.
- Modelos para la planeación, selección y evaluación de vehículos: este tipo de modelo se utiliza para la toma de decisiones en cuanto a la selección de políticas en la distribución urbana de mercancías, a través del impacto que cada actor dentro del proceso tendrá y de qué manera le afectará.

7.2.3. Administración de flotas

Las flotas de transporte son fundamentales en la distribución de mercancías; además de transportar las mercancías, cumplen varias funciones. (Laureano, Garza y Mar, 2012, p.3) identifican los siguientes aspectos:

- Facilidad de conexión entre los centros de producción y de consumo.

- Mejor accesibilidad territorial.
- Permitir el desplazamiento de mercancías y personas.
- Conseguir múltiples accesos a las poblaciones.
- Dotar de integridad territorial y social con interconexiones entre comunidades.
- Influir en la modernización del país.
- Elevar la productividad y el rendimiento en los distintos sectores productivo.

En una empresa de comercialización, los aspectos descritos en el párrafo anterior se vuelven importantes, ya que negociar sus productos y obtener un beneficio será el objetivo principal de toda empresa, y de esta forma garantiza que su producto llegue a los clientes.

7.2.3.1. Clasificación de flotas de transporte

Las flotas de transporte comerciales se pueden clasificar por su tamaño. (Laureano, *et al.*, 2012, p.3) las clasifican de la siguiente forma:

- Pequeña: empresas que cuentan hasta con 6 vehículos para la prestación del servicio.
- Mediana: son empresas que cuentan de 6 hasta 30 vehículos para la prestación del servicio, se especializan en un giro y tienen una amplia cartera de clientes.
- Grandes: empresa que cuentan con más de 30 unidades, pueden ser propias o subcontratadas.

7.2.4. Recursos utilizados

La distribución urbana de mercancías posee una característica muy particular. Arango, *et al.* (2017) la identifican como un componente dinámico, debido al constante movimiento de los vehículos en la ciudad; afecta el tiempo de entrega debido a los diferentes eventos que puedan suceder, como las demoras por tráfico, por atención a un cliente o por cancelación de algún pedido.

En dicho proceso los recursos consumidos pueden variar, debido a la demanda variable y dependiente de muchos factores que están fuera del control de las empresas.

Dentro de los recursos utilizados en la distribución urbana de mercancías se encuentran los recursos humanos, financieros, físicos, técnicos y comerciales; cada uno cumple un rol dentro del proceso y son necesarios para la obtención de resultados. Es necesario su adecuada gestión y control para evitar pérdidas y una mala operación que ponga en riesgo el éxito de la empresa.

7.3. Sistema de posicionamiento global (GPS)

El sistema de posicionamiento global, con el desarrollo y avance tecnológico, se ha convertido en una herramienta muy útil en varios campos; mejora y hace más eficientes los procesos. El GPS se define como: “un sistema de radiolocalización que, además de la posición, también permite conocer la velocidad del movimiento, la orientación del desplazamiento y la tasa del recorrido que se ha efectuado” (Dabne tecnologías de la información, 2006, p.6).

Por esa razón, la utilidad ha sido de gran ayuda en la industria, ya que permite localizar unidades, monitorear movimiento y aumentar la seguridad de los vehículos.

7.3.1. Funcionamiento del GPS

Existen compañías dedicadas a prestar servicio de GPS, para uso personal y para uso industrial, según las exigencias y requerimientos del cliente.

El GPS usa sus satélites como puntos de referencia para calcular posiciones con una precisión de orden de metros. Los receptores se han hecho cada vez más pequeños hasta llegar a estar constituidos por unos pocos circuitos integrados, y más baratos. Esto hace que la tecnología sea prácticamente accesible a todo el mundo. (Domínguez, 1999, p.29)

Esto ha facilitado el acceso y por eso se ha diversificado su uso, varios aparatos electrónicos que existen en la actualidad cuentan con esta opción y muchas empresas han optado por manejar sus flotas, por seguridad y para mejorar sus procesos.

El GPS ofrece dos servicios: el SPS y el PPS. El SPS está diseñado para aplicaciones civiles y el PPS para aplicaciones militares. El servicio SPS está disponible para todos los usuarios del mundo. No tiene restricciones de uso. "Da una precisión de unos 100 m en el plano horizontal, 156 en el plano vertical y 340 ns en la precisión del reloj" (Domínguez, 1999, p.30).

7.3.2. Beneficios del GPS

Los beneficios del GPS han facilitado la operación de empresas y mejorar la vida de los individuos. (Domínguez, 1999, p.40) identifica 5 beneficios:

- **Localización:** al contar con un sistema GPS, la localización es uno de los beneficios más notorios, ya que permite conocer la ubicación del lugar donde se encuentra el aparato, en cualquier punto del planeta, sin importar las condiciones meteorológicas.
- **Navegación:** con un sistema GPS se facilita la navegación, ya sea por mar, aire y tierra. Es utilizado como guía para transportarse, y ha revolucionado la forma de comunicación y navegación de cualquier medio de transporte.
- **Seguimiento:** es el proceso de controlar el movimiento del usuario. Este beneficio es útil para la administración de flotas y el seguimiento de las mercancías, ya que ofrece la ubicación y los movimientos en tiempo real. Hace más segura y real la operación.
- **Mapas:** se utiliza para crear mapas y modelos, sirve para medir extensiones o encontrar puntos específicos en un lugar en el mundo.
- **Tiempos:** da una referencia horaria precisa. Esto permite dar intervalos de tiempo y frecuencia para tener mayor precisión.

7.3.3. Errores del GPS

Los errores asociados al GPS están enfocados principalmente en la medición, esto se debe a que “hay factores externos que introducen errores en

la medida y que, en parte, pueden ser corregidas” (Dabne tecnologías de la información, 2006, p.8).

En general, los errores son provocados por factores externos, que en la mayoría de casos están fuera del control o son inherente al sistema. Uno de los más comunes es el rebote de señal, causado por objetos que se interponen entre el satélite y el receptor, como montañas, edificios, arboles, entre otros. Es conocido como error multisenda, aunque no puede ser corregido si disminuye con el uso de antenas (Dabne tecnologías de la información, 2006).

Otro de los errores está relacionado con las alteraciones que se producen en la velocidad a la que se propaga la señal por la ionosfera, producidas por la existencia de partículas con carga eléctrica (Dabne tecnologías de la información, 2006).

Son los errores más comunes que se presentan en la utilización de un sistema GPS, difíciles de eliminar; sin embargo, se pueden reducir y hacer que la herramienta sea muy precisa y útil para los fines que se le ha creado.

7.3.4. Instalación y utilización del GPS en la industria

El uso del GPS ha sido bien recibido en la industria, debido a las aplicaciones y beneficios expuestos anteriormente. Se adapta bien a las exigencias de la industria, principalmente, los requerimientos de las empresas distribuidoras de mercancías y, por lo tanto, necesitan controlar y gestionar adecuadamente su flota de transportes.

Con un sistema de control de flotas es posible conocer cualquier evento que se produzca en el vehículo y responder al mismo, gestionando todo

tipo de avisos y alarmas. El control de flotas es más que un GPS para localizar vehículos. La tecnología que lo sustenta permite transmitir y recibir datos, conectarse a sensores para apertura y cierre de puertas, controlar la temperatura de las cámaras frigoríficas, los tiempos de conducción, entre otros (Dabne tecnologías de la información, 2006, p.28).

La función del GPS en la industria no se limita únicamente a proveer la posición del vehículo, sino que permite gestionar el funcionamiento del vehículo, debido a que este puede tener acceso a sensores y conectarse con su sistema eléctrico. Permite controlar velocidad, paradas, entradas y salidas de los pilotos, acceso al tanque de combustible y activar alarmas si fuese necesario.

Utilizando la aplicación de navegación y medición de tiempos, es posible crear tiempos estándar de un viaje, a través del historial y los movimientos en tiempo real. Se obtienen indicadores de desempeño: el consumo de combustible por kilómetro, el número de paradas en un viaje, las rutas más cortas y evitar bloqueos o accidentes en el camino.

7.4. Indicadores de desempeño

Un indicador se define como:

Una proposición que identifica un rasgo o característica empíricamente observable, que permite la medida estadística de concepto o de una dimensión de este basado en análisis teórico previo, e integrando en un sistema coherente de proposiciones vinculadas, cuyo análisis puede orientarse a describir, comparar, explicar o prever hechos (Zuluaga, *et al.*, 2014, p.92) citando a (Estévez y Pérez, 2007).

La medición de elementos clave en un proceso permitirá a la organización tener un mejor control y tener un punto donde fundamentarse y basar la toma de decisiones, con objetividad y con datos reales, con el fin de mejorar.

“Los indicadores de desempeño son herramientas de gestión que se ocupan tanto de las entradas, procesos o actividades, indicadores de los servicios resultantes del uso de esos recursos y el impacto” (McClure citado en Stubbs, 2004, p.149)

7.4.1. Características de los indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño tienen características propias que ayudan a identificarlos y a formarlos; por lo tanto, un indicador de desempeño debe tener las siguientes características:

- **Cuantificables:** debes ser expresado en números o porcentajes y su resultado obedece a la utilización de cifras concretas.
- **Consistentes:** debe generarse utilizando la misma fórmula y la misma información para que pueda ser comparable en el tiempo.
- **Agregables:** un indicador debe generar acciones y decisiones que redunden en el mejoramiento de la calidad de los servicios prestados.
- **Comparables:** deben estar diseñados tomando datos iguales con el ánimo de poder compararse con similares indicadores de similares industrias. (Mora, 2007, p.33)

7.4.2. Construcción de indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño deben cumplir con un propósito claro y medible; ya que, como se mencionó anteriormente, sirven para la toma de decisiones y para conocer el estado actual del aspecto a medir. Por eso al construir un indicador, se tienen que tomar en cuenta los elementos anteriormente descritos y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Nombre: es la identificación del indicador, ayudara a diferenciarse de los demás y además debe ser claro y expresar su objetivo.
- Forma de cálculo: se debe tener claro su fórmula matemática para poder calcularlo, se debe identificar los valores de los factores y como se relacionan.
- Unidades: el valor de un indicador está dado por las unidades las cuales varían de acuerdo a los factores que se relacionan.
- Glosario: es fundamental que el indicador se encuentre documentado en términos de especificar de manera precisa los factores que se relacionan con su cálculo.
- Metas establecidas: el indicador debe tener un valor óptimo planteado como objetivo a alcanzar lo que permite su comparación y seguimiento.
- Comportamiento histórico del indicador: establece la tendencia.
- Generación de valor: el mejor valor logrado para dicho indicador bien sea en la organización o fuera de la misma. (Mora, 2007, pp.33-34)

El seguimiento continuo, los datos claros y la implementación de un periodo de medición constante, permitirán a la organización tener datos útiles para alcanzar los objetivos trazados. Si los indicadores no se construyen con el objetivo de aportar a la organización, su construcción es innecesaria.

7.4.3. Funciones de los indicadores de desempeño

A continuación, se definen las siguientes funciones de los indicadores de desempeño:

- Apoya y facilita los procesos de toma de decisiones.
- Controla la evolución en el tiempo de los principales procesos y variables.
- Racionaliza el uso de la información.
- Sirve de base para la planificación y la prospección de la organización.
- Sirve de base para la comprensión de la evolución, situación actual y futuro de la organización.
- Propicia la participación de las personas en la gestión de la organización (Mora, 2007, pp.29-30).

7.4.4. Evaluación de los indicadores de desempeño

La importancia de la evaluación radica en identificar si los indicadores están cumpliendo su función. En el párrafo anterior se enlistan las funciones y se puede definir que el uso correcto mejorará la gestión y la eficiencia de la organización. Para evaluar un indicador, se define el siguiente proceso:

- Identificar el proceso a medir
- Conceptualizar cada paso del proceso
- Definir el objetivo del indicador y cada variable a medir
- Recolectar información inherente al proceso
- Cuantificar y medir las variables
- Establecer el indicador y controlar
- Comparar con el indicador global
- Seguir y retroalimentar las mediciones periódicamente
- Mejorar continuamente el indicador
- Proyección y benchmarking externos (Mora, 2007, p.34 y 35).

Dado lo anterior, cada indicador debe adaptarse a cada proceso y tener un objetivo claro para que aporte la información que la organización necesita.

Poluha (citado por Zuluaga, *et al.* 2014) “describe que los indicadores de desempeño en la cadena de suministro deben ser fáciles de definir, aplicar y comprender de tal forma que permitan la toma de decisiones a los ejecutivos y personal relacionado con la cadena de suministro” (p.94).

7.4.5. Indicadores logísticos

Los indicadores logísticos están íntimamente relacionados con los procesos de la cadena de valor, por lo tanto, cumplen una función muy importante y, en consecuencia, deben estar presentes en cada área y proceso logístico.

Es importante para la empresa poder controlar las actividades asociadas a su operación logística teniendo claro conocimiento y visibilidad del comportamiento de los costos de ejecución de estas, relacionados a los niveles de eficiencia generados por los procesos logísticos, a fin de poder encontrar puntos clave que permitan optimizar los costos a través de la cadena de abastecimiento incrementando la competitividad de la empresa en función de ser más rentable en su operación sin perder mercado (Mora, 2007, p.38).

Frazelle (citado por Zuluaga, *et al.* 2014) clasifica los indicadores logísticos en ocho procesos que cubren la cadena de suministro las cuales incluyen:

- Aprovisionamiento / compras
- Inventarios
- Gestión de almacenes
- Producción
- Transporte y distribución
- Gestión de pedidos
- Servicio al cliente
- Procesos de apoyo

Los indicadores tienen varios objetivos, siempre enfocados en la mejora continua del proceso que se está midiendo, ya que estos sirven como parámetro

de comparación entre un escenario y otro; permiten que el control del proceso sea más eficiente y genere mejores resultados.

Los objetivos de los indicadores de desempeño logístico se clasifican de la siguiente forma:

- Identificar y tomar acciones sobre los problemas operativos.
- Medir el grado de competitividad de la empresa frente a sus competidores nacionales e internacionales.
- Satisfacer las expectativas del cliente mediante la reducción del tiempo de entrega y la optimización del servicio prestado.
- Mejorar el uso de los recursos y activos asignados, para aumentar la productividad y efectividad de las diferentes actividades hacia el cliente final.
- Reducir gastos y aumentar la eficiencia operativa (Mora, 2007, p.32).

En los procesos logísticos se corre el riesgo de incurrir en gastos innecesarios, que se transforman en pérdidas para la empresa; por tal razón, es importante tener un control y construir indicadores que faciliten y permitan una medición acertada de los procesos. Con el uso de indicadores de desempeño, el riesgo de tener gastos innecesarios disminuye y aumentan los beneficios para la empresa.

7.5. Productividad

Las empresas buscan mejorar su productividad porque esto significa mejores ingresos y aprovechamiento de sus recursos, pero en ocasiones no se tiene claro que es productividad y cómo se mide.

La productividad se define como:

La relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos (trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información) en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo (Prokopenko, 1987, p.3).

Esto se suele representar con la siguiente fórmula:

Figura 1. **Fórmula de productividad**

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumo}$$

Fuente: elaboración propia.

La relación entre lo producido y lo consumido determina la productividad. Por eso las empresas que se preocupan y buscan mejorar esta medida cuidan el consumo de recursos utilizados en sus procesos productivos.

Es preciso que en cada proceso donde se medirá la productividad esté bien definido y se tengan identificados los componentes de cada etapa para determinar cuántos recursos se consumieron y cuántos productos se obtuvieron.

La productividad podría considerarse como una medida global de la forma en que las organizaciones satisfacen los criterios siguientes:

- **Objetivos:** medida en que se alcanzan.
- **Eficiencia:** grado de eficacia con que se utilizan los recursos para crear un producto útil.
- **Eficacia:** resultado logrado en comparación con el resultado posible.
- **Comparabilidad:** forma de registro del desempeño de la productividad a lo largo del tiempo (Prokopenko, 1987, p.6).

7.5.1. Medición de la productividad

Para la medición de la productividad en algunos casos es directa, donde es sencillo calcularla y medirla, ya que la relación entre el producto y el insumo es directa y al utilizar la fórmula indicada en la sección anterior, se obtiene sin problema alguno (Carro y Gonzalez, 2013).

Por tal razón, para tener una medición exacta o dependiendo la necesidad de la organización Carro y Gonzalez, (2013) indican 3 formas de medir la productividad, principiando por definir un sistema, que puede abarcar una parte de la empresa, un sector o una economía.

Al definir el sistema, se pueden realizar las siguientes mediciones:

- Productividad total y productividad parcial: se diferencia por el tipo de medición, para la productividad parcial se considera la medida de las salidas totales y uno de los recursos o insumos empleados. Mientras que, en la productividad total, se consideran las salidas totales y los recursos o insumos totales.
- Productividad física y valorizada: la productividad física es el cociente entre la cantidad física de la salida del sistema y la cantidad necesaria de esa entrada para producir la salida mencionada. La productividad valorizada es exactamente igual, pero está indicada en términos monetarios.
- Productividad promedio y productividad marginal: la productividad promedio es el cociente entre la salida total del sistema y la cantidad de entradas empleadas para producir la salida mencionada. La productividad marginal, es el incremento de producto logrado al emplear una unidad más de trabajo y al mantener constantes las cantidades de los demás factores.
- Productividad bruta y productividad neta: la productividad bruta es el cociente entre el valor bruto de la salida y la entrada que incluye también el valor de todos los insumos. La productividad neta se define como el valor agregado a la salida, por una entrada en donde el valor de ciertos insumos ha sido excluido del numerador y denominador del índice (Carro y Gonzalez, 2013, pp.3-4).

7.5.2. Factores que influyen en la productividad

Prokopenko (1987) clasifica los factores de la productividad en dos grupos, internos y externos. Como bien especifica esta clasificación, los internos están asociados a la actividad interna y propia de la empresa, que en ocasiones pueden llegar a ser controlables y manejables por la organización.

Así mismo, los factores internos y externos tienen diferente clasificación, según su naturaleza y su grado de influencia en el cálculo de la productividad.

(Prokopenko, 1987) clasifica los factores internos en duros y blandos.

- Factores internos duros: producto, planta y equipo, tecnología y materiales y energía.
- Factores internos blandos: personas, organización y sistemas, métodos de trabajo, estilos y dirección.

Estos factores están dentro del límite de acción y control de la empresa, por lo que pueden ser manejables y ajustables según la necesidad y la influencia que tienen dentro de la medición; pueden modificarse para mejorar la productividad y la rentabilidad.

(Prokopenko, 1987) clasifica los factores externos de la siguiente manera:

- Ajustes estructurales: económicos, demográficos y sociales.
- Recursos naturales: mano de obra, tierra, energía, materias primas.

- Administración pública e infraestructura: mecanismos institucionales, políticas y estrategia, infraestructura, empresas públicas.

Los factores externos están fuera del control de la organización y son dependientes a sus condiciones externas; por lo tanto, se deben tomar acciones preventivas para minimizar la influencia negativa de estos factores en la medición de la productividad y aprovechar al máximo cuando sea posible para aumentarla.

7.5.3. Importancia de la productividad

La importancia de la productividad en las organizaciones es evidente, ya que diariamente buscan mejorarla a través de elevar la medida o el bien, consumir menos recursos en la producción de un producto o servicio. Así se obtendrá un mayor beneficio: aprovechando al máximo los recursos destinados para dicho proceso.

Carro y Gonzalez, (2013) señalan que la productividad está asociada a la calidad de vida, ya que la productividad no es un factor propio de las empresas, las economías de los países también consideran la medición de la productividad y lo que esta representa.

Prokopenko, (1987) añade que “el mejoramiento de la productividad produce aumentos directos de los niveles de vida cuando la distribución de los beneficios de la productividad se efectúa conforme a la contribución” (p.6).

Las empresas enfocan sus esfuerzos en aumentar y mejorar la productividad, pero en ocasiones no identifican cuáles pueden ser las causas que provocan su pérdida y que provoca pérdida de recursos en el intento de mejorarla y los resultados son contrarios a los esperados. Carro y Gonzalez (2013) señalan

que quizá, la causa más importante de la pérdida de productividad es la falta de compromiso por parte de la dirección de la empresa.

7.5.4. Evaluación de la productividad

Es necesario que la productividad sea evaluada constantemente, ya que existen varios factores que pueden afectar dicha medida; por lo tanto, las empresas buscan constantemente medirla para comprobar que los resultados obtenidos son fiables y mantienen una tendencia favorable.

Para saber si la productividad ha mejorado se debe identificar:

La combinación de una mayor eficacia y un mejor uso de los recursos disponibles. Muestra cuatro relaciones básicas:

- Producto real dividido por insumo real.
- Mayor producto dividido por insumo real.
- Producto actual real dividido por menor insumo.
- Nivel superior de eficacia: producto máximo dividido por insumo mínimo. (Prokopenko, 1987, p.39)

Al evaluar la productividad, la mejor forma de conocer si es favorable o no, es a través de la comparación, ya que se debe analizar objetivamente para saber si esta ha mejorado o no.

Existen tres niveles de comparación:

- Comparación del rendimiento actual con un rendimiento de base histórico.

- Comparación del rendimiento entre una unidad y otra.
- Comparación del rendimiento actual con una meta. (Prokopenko, 1987, p.40)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE Y CONTENIDOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Materiales de construcción

1.1.1. Materiales de construcción utilizados en Guatemala

1.1.2. Tipos de materiales de construcción

1.1.3. Agregados

1.1.3.1. Agregados gruesos

1.1.3.2. Agregados finos

1.1.4. Precios de materiales de construcción en Guatemala

1.2. Distribución urbana de mercancías

1.2.1. Problemas logísticos

1.2.2. Modelos para la distribución

1.2.3. Administración de flotas

1.2.3.1. Clasificación de flotas de transporte

1.2.4. Recursos utilizados

1.3. Sistema de posicionamiento global (GPS)

1.3.1. Funcionamiento del GPS

- 1.3.2. Beneficios del GPS
- 1.3.3. Errores del GPS
- 1.3.4. Instalación y utilización del GPS en la industria
- 1.4. Indicadores de desempeño
 - 1.4.1. Características de los indicadores de desempeño
 - 1.4.2. Construcción de indicadores de desempeño
 - 1.4.3. Funciones de los indicadores de desempeño
 - 1.4.4. Evaluación de los indicadores de desempeño
 - 1.4.5. Indicadores logísticos
- 1.5. Productividad
 - 1.5.1. Medición de la productividad
 - 1.5.2. Factores que influyen en la productividad
 - 1.5.3. Importancia de la productividad
 - 1.5.4. Evaluación de la productividad
- 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 - 2.1. Sistema de control del consumo de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.
 - 2.2. Factores que influyen en el gasto innecesario de recursos.
 - 2.3. Mejoras en la productividad a través del diseño de un sistema GPS e indicadores.
- 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

El enfoque que se utilizará en la investigación es mixto, debido al tipo de variables definidas, ya que el tratamiento de las variables será de tipo cuantitativo, pero considera aspectos y metodologías de tipo cualitativos.

9.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación para el estudio será no experimental debido a que no se harán ensayos de laboratorio; por lo tanto, el ambiente es no controlado y el manejo de las variables no busca establecer una relación de causa y efecto. La investigación está diseñada para la obtención de datos a través de técnicas y herramientas que permitan describir el problema; se realizará un análisis documental para respaldar el estudio con la teoría y tener bases sólidas para el diseño de la propuesta.

9.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación para el estudio planteado será por objetivos: estudio descriptivo, ya que su propósito será describir el problema de investigación que se identificó en el proceso de distribución de materiales de construcción. El análisis de los datos se realizará de acuerdo a la metodología propuesta, que considera las variables identificadas y la unidad de análisis de investigación.

9.4. Alcance

El estudio tendrá un alcance descriptivo, ya que se llevará hasta el diseño de una propuesta que permita mejorar la productividad de la empresa en el proceso de distribución de materiales con la utilización de la tecnología y las herramientas de ingeniería que ayuden a controlar y mejorar el proceso actual. A través del cumplimiento de los objetivos, la investigación pretende ser una propuesta para la empresa donde se realizará el estudio; también, busca ser un estudio para fundamentar futuras investigaciones similares y ser una propuesta de solución para empresas que se dediquen a un giro comercial similar.

9.5. Variables

Para realizar el estudio, se identifican las siguientes variables de medición para obtener los datos e información necesaria para el desarrollo.

Tabla II. Operativización de variables

Tipo de variable	Propiedad operacionalizada	De acuerdo al uso	Niveles de medición	Dimensiones	Indicadores
Tiempo de entrega por viaje	Numérica continua	Observable	Razón	Minutos transcurridos por viaje completado y distancia recorrida	Cantidad de viajes completados por día. Km recorridos por viaje. Minutos transcurridos por Km.
Consumo de diésel	Numérica continua	Observable	Razón	Galones de diésel dosificados a las unidades de transporte	Km recorridos por galón. Galones consumidos por viaje.
Precio de materiales	Numérica continua	Observable	Ordinal	Costo de los materiales de construcción en el mercado nacional y de los competidores	Precio de material por metro cúbico. % de diferencia frente a precio de competidores. Precio de material por proveedor.

Continuación de la tabla II.

Mantenimiento de vehículos	Numérica discreta	Manipulable	Razón	Efectividad de los mantenimientos correctivos y preventivos aplicados a las unidades de transporte	Km transcurridos desde último mantenimiento. Fallos mecánicos por mes. Porcentaje de tiempo efectivo desperdiciado por fallo. Cantidad de mantenimientos correctivos al mes
Ruta	Numérica continua	Manipulable	Intervalo	Cumplimiento del recorrido programado	% cumplimiento de ruta programada Variación de Km por viaje

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases del estudio

El trabajo de investigación estará compuesto de las siguientes fases:

9.6.1. Revisión documental

Se realizará un análisis documental sobre los temas relacionados con el estudio; estos se estructurarán en un marco teórico vertebrado: materiales de construcción, distribución urbana de mercancías, indicadores de desempeño, uso de GPS y productividad. Este marco servirá para fundamentar y utilizar como base para desarrollar el análisis de los datos y la propuesta de mejora.

9.6.2. Diagnóstico

Para identificar el problema de investigación es necesario describir la situación del proceso. En esta fase se plasmará lo referente a la empresa donde se realizará el estudio, la descripción del proceso y la forma como se gestiona,

para indicar cuáles son las variables a medir e identificar los factores que requieren de atención para determinar los puntos de mejora.

9.6.3. Análisis

A través de la metodología seleccionada, se procederá a la recolección de la información, el análisis y su presentación. En esta fase se documentará la recolección de datos pertinentes al proceso en estudio para fundamentar y presentar una propuesta que ayude al cumplimiento de los objetivos.

La recolección de la información se realizará a través de trabajo de campo, se abordará una unidad de transporte y se tomarán los datos necesarios que tome como base los indicadores propuestos en la tabla de variables, para así construir un registro que permita conocer la situación de cada variable y determinar en qué fase del proceso se está consumiendo más recursos y perdiendo productividad.

Los objetivos serán alcanzados a través de la metodología. En el siguiente cuadro se muestra el plan de acción para cada uno.

Tabla III. **Método de investigación**

Objetivo	Método o técnica
Diseñar un sistema de GPS y elaborar indicadores de desempeño para reducir el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> • Observación: abordar un vehículo distribuidor y observar el método de trabajo. • Análisis documental: estudiar el historial de los factores que intervienen en el proceso de distribución.

Continuación tabla III.

<p>Plantear indicadores de desempeño que ayuden a controlar el consumo de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis fuentes primarias: verificación de los registros de trabajo en ruta. • Análisis documental: revisión de teoría para construir indicadores de desempeño.
<p>Identificar los factores que más influyen en el gasto innecesario de recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estadístico: análisis de los datos históricos e identificación de puntos de mejora.
<p>Demostrar la mejora de la productividad en el proceso de entrega de materiales de construcción, a través del diseño del sistema de GPS e indicadores de desempeño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis comparativo: análisis de la situación actual y la situación propuesta en el proceso de entrega de materiales. • Trabajo de campo: recolección de datos.

Fuente: elaboración propia.

9.6.4. Propuesta de mejora

En esta fase se establecerá el alcance de la investigación. Se describirá el diseño de la propuesta de mejora para el proceso de entrega de materiales de construcción, en el cual se diseñará un sistema de GPS y se establecerán indicadores de desempeño que ayuden al control del consumo de recursos para mejorar la productividad de la empresa.

La recolección de datos ayudará a determinar los puntos donde se necesita un plan de acción. El GPS será una herramienta importante, ya que al hacer uso de sus herramientas, la medición de los indicadores se podrá realizar en tiempo real y con datos exactos lo que puede facilitar la toma de decisiones; además, aportará información para la construcción de los índices de desempeño que

permitirán estandarizar y mejorar la gestión de los recursos dentro del proceso de entrega de materiales de construcción.

9.7. Resultados esperados

Con este trabajo de investigación se espera realizar un diseño de un sistema de GPS y establecer indicadores de desempeño que aporten una mejora en la productividad de la empresa, con el uso de la tecnología y las herramientas de ingeniería. Esto con el objetivo de reducir los gastos innecesarios en el proceso de entrega de materiales de construcción para que la empresa pueda mejorar sus ganancias y aumentar la competitividad frente a las demás empresas que se dedican al mismo negocio.

Se espera que este diseño sea utilizado por la empresa para que pueda crecer y obtener nuevos clientes que representen un crecimiento económico, para la empresa y para sus colaboradores.

También busca ser un estudio referente para las personas o instituciones que en un futuro puedan interesarse por un tema similar. Al mismo tiempo, se desea ser un ejemplo o solución a empresas que estén atravesando el mismo problema y necesiten una guía para solucionarlo.

Se plantea diseñar indicadores de desempeño que mejoren el control y la gestión del proceso para determinar oportunidades de mejora y control para que el proceso cada vez sea mejor.

En la fase 1, se espera indagar en los conocimientos y se estudiará la teoría que permita fundamentar el trabajo para agregar valor a la investigación y cumplir con los objetivos establecidos.

En la fase 2, se obtendrá un panorama más amplio de la operación de la empresa; se espera obtener información general de la misma, estudiar las fases del proceso de entrega de materiales y la forma como se gestiona. Ya que es necesario conocer a fondo el proceso para proponer un cambio en su gestión.

En la fase 3, se buscarán los datos necesarios para realizar el análisis correspondiente al proceso de entrega de materiales de construcción, el punto donde se ha detectado el problema para tomar decisiones fundamentadas en datos reales y valiosos.

En la fase 4, se abarcará la descripción de la propuesta. Se abordarán todos los factores para hacer un cambio en el manejo de los recursos y mejorar la productividad de la empresa.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis de la información recolectada y el trato de las variables se utilizarán herramientas de estadística descriptiva: media aritmética, desviación estándar, mediana y moda; dado que la investigación tiene un enfoque mixto. Estas medidas se calculan de la siguiente forma (Becerra, 2017):

Tabla IV. **Fórmulas**

Medición	Fórmula
Media aritmética	$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$
Mediana	$Md = \frac{N+1}{2}$
Moda	El dato más frecuente
Desviación estándar	$\sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}}$

Fuente: elaboración propia.

Dicho análisis será de utilidad para la recopilación de información obtenida a través de las técnicas de observación y trabajo de campo que se realizarán en las unidades de transporte. La medición se realizará en las tres unidades con que cuenta la empresa para que los datos sean representativos.

Se realizará, también, análisis documental de la información que posee la empresa referente a las variables en mención, datos cualitativos y cuantitativos que puedan aportar valor a la investigación. Se revisarán los estados financieros para determinar el costo asociado a cada variable en estudio, ya que se quiere

medir el impacto de la falta de control y mala gestión de los recursos en el proceso de entrega de materiales de construcción.

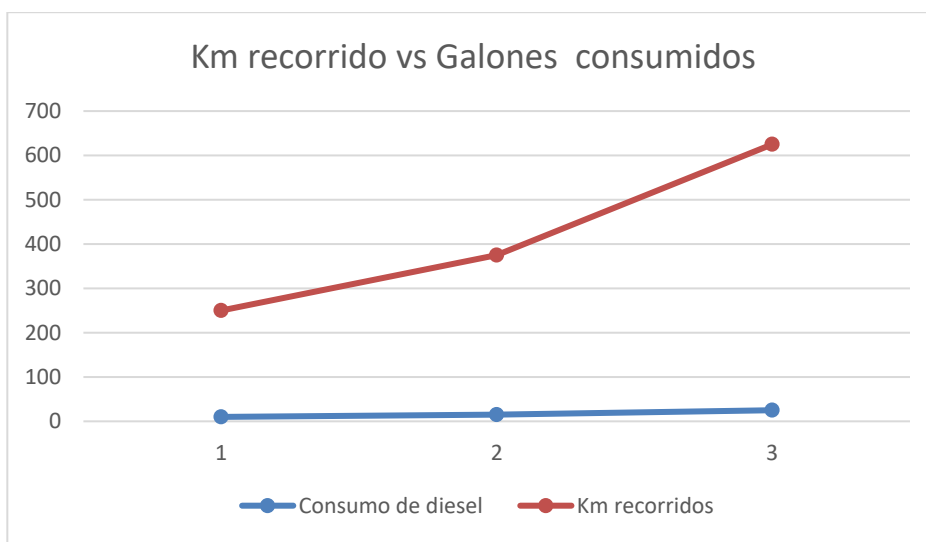
Se utilizarán gráficas para observar el comportamiento de las variables, dentro del proceso de entrega de materiales; se realizará un análisis estadístico y comparativo para identificar los factores que más influyen en el gasto innecesario de recursos.

Tabla V. **Ejemplo de presentación de variables**

Mes	Consumo de diésel	Km recorridos
1	10	250
2	15	375
3	25	625

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ejemplo de gráfica de presentación de variables**



Fuente: elaboración propia.

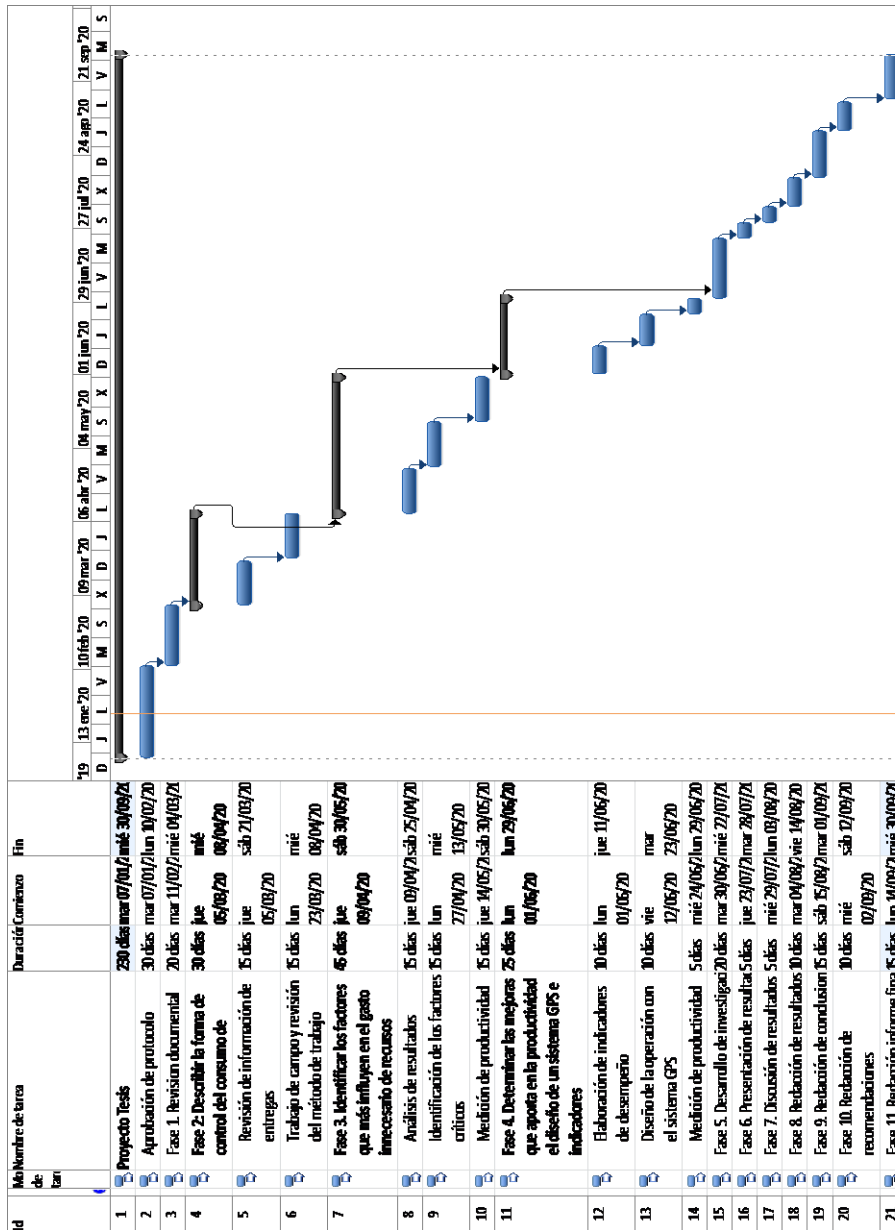
Las variables a medir dentro del trabajo de campo serán: tiempo de entrega por viaje, consumo de diésel, precio de materiales, ruta y mantenimiento de vehículos. Se realizará un análisis de costo que permita visualizar el costo que representa cada una para utilizar la tecnología, ya que brindará información real y actualizada para minimizarlos.

En el análisis documental, se revisarán fuentes primarias sobre los precios de los materiales de construcción, precios de competidores y cotización de aparatos GPS con proveedores nacionales con el uso de herramientas como diagrama de Ishikawa y Pareto.

Se crearán registros para anotar las mediciones y los factores más relevantes para la toma de decisiones. Estos registros se utilizarán en el trabajo de campo y la observación. Las técnicas serán la toma de tiempos y el control estadístico.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para la elaboración del trabajo de investigación se cuenta con los recursos necesarios, por lo tanto, se considera que es factible elaborarlo para concretar las fases propuestas y cumplir con los objetivos establecidos.

Se cuenta con el permiso de la empresa comercializadora de materiales de construcción para abordar las unidades y el análisis del consumo de los recursos utilizados en el proceso de entregas.

Los recursos necesarios a considerar para la elaboración del trabajo de investigación son:

- **Recurso humano:** el estudiante encargado de realizar el trabajo de investigación y el asesor elegido.
- **Recurso informático:** la información proporcionada por la empresa, el permiso y la aceptación de la misma para acceder a esta y a su forma de trabajo.
- **Equipo y materiales:** se cuenta con los recursos necesarios para realizar la investigación. El equipo que se utilizará será: de cómputo, impresora, cronometro, tabla para anotar y vehículo para transportarse. Entre los materiales están las hojas, la tinta y los lapiceros.

El financiamiento de la investigación será aportado en su totalidad por el estudiante que está realizando el trabajo de investigación. A continuación, se detalla el presupuesto:

12.1. Presupuesto

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto necesario para el desarrollo del trabajo de investigación, así como también, las fuentes de financiamiento y el monto asignado para cada recurso.

Tabla VI. **Presupuesto**

Fuente de financiamiento: investigador				
No.	Recurso	Descripción	Monto	Porcentaje
1	Humano	Tiempo invertido del investigador	Q 10 000.00	49 %
2	Humano	Tiempo de asesoría del asesor	Q 2 500.00	12 %
3	Material	Papelería, útiles, tinta	Q 1 000.00	5 %
4	Transporte	Combustible y depreciación de vehículo	Q 1 000.00	5 %
5	Tecnológico	Internet y equipo de computación	Q 5 000.00	25 %
6	Suministros	Energía eléctrica	Q 250.00	1 %
7	Varios	Imprevistos	Q 500.00	3 %
			Q 20 250.00	100 %

Fuente: elaboración propia.

El total del costo de la investigación es de Q 20 250.00 que será asumido por el investigador durante el tiempo planificado.

Se detalla cada punto del presupuesto:

- Tiempo empleado por el investigador para realizar todo lo referente al estudio.
- Honorarios pagados a la persona que se encargará de asesorar el trabajo.
- Papel para impresión, cartuchos de tinta, lapiceros, lápices, cronometro, tablas y portafolios.
- Combustible y depreciación del vehículo (motocicleta) para transportarse a la empresa y/o lugar donde se encuentran las unidades.
- Computadora y pago de servicio de internet.
- Energía eléctrica.
- Monto destinado para cualquier imprevisto durante la investigación.

13. REFERENCIAS

1. Antun, J. P. (2013). *Distribución urbana de mercancías: estrategias con centros logísticos*. México: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/>
2. Arango, M., Gomez, C., y Serna, C. (2017). Modelos logísticos aplicados en la distribución urbana de mercancías. *Revista EIA*, 14(28), 57-76.
3. Becerra, J. (2017). *Estadística descriptiva*. México: Página del Colegio de Matemáticas de la ENP-UNAM. Recuperado de: <http://enp.unam.mx/>
4. Cámara Guatemalteca de la Construcción. (1974). *Estatutos de Cámara Guatemalteca de la Construcción*. Guatemala, Guatemala: Cámara Guatemalteca de la Construcción. Recuperado de: <http://www.construguate.com>
5. Cámara Guatemalteca de la Construcción. (2019). *Cámara Guatemalteca de la Construcción, pilar del desarrollo nacional*. Guatemala, Guatemala: Cámara Guatemalteca de la Construcción. Recuperado de: <http://www.construguate.com>

6. Cámara Guatemalteca de la Construcción. (2019). *Listado mensual de precios de materiales de construcción seleccionados*. Guatemala, Guatemala: Cámara Guatemalteca de la Construcción. Recuperado de: <http://www.construguate.com>
7. Carro, R., y Gonzalez, D. (2013). Productividad y competitividad. *Administración de las operaciones*, 2, 1-16.
8. Costa, Y., y Castaño, N. (2015). Simulación y optimización para dimensionar la flota de vehículos en operaciones logísticas de abastecimiento-distribución, 23(1). *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 372-382. doi:10.4067/S0718-33052015000300006
9. Dabne Tecnologías de la Información. (2006). *Sistema de posicionamiento Global aplicado a PYME y empresas de economía social*. Madrid, España: Dabne Tecnologías de la Información. Recuperado de: <http://www.dabne.net>
10. Domínguez, J. (1999). Sistemas de posicionamiento. GPS. *Anales de mecánica y electricidad*, 76(2), 28-42.
11. Fuentes, C. (2006). *Materiales de construcción en Guatemala y su aplicación actual* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
12. Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manzanales. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/>

13. Hernández, A., Alvarez, H., y Arango, B. (2012). Los Sistemas de Monitoreo Satelital, una propuesta logística integral para el manejo de la cadena de suministro en las Empresas del sector transporte. *Gestión de las personas y tecnología*, 13, 228-238.
14. Laureano, O., Garza, R., y Mar, J. (2012). Implementación de un sistema de gestión eficiente de flotas de transporte para la sostenibilidad económica en una empresa de transporte. En L. Cruz (Presidencia), *Operaciones*. Conferencia llevada a cabo en el XVII Congreso Internacional de Contaduría, México, D.F., México.
15. Mora, L. (2007). *Indicadores de la gestión logística KPI "Los indicadores clave de la gestión logística"*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Recuperado de <https://www.academia.edu/>
16. Ortiz, G. (2017). *Diseño de investigación del sistema GPS e indicadores de desempeño para el control y monitoreo de los técnicos rutereros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones para incrementar su productividad y competitividad* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
17. Pozo-Ruz, A., Ribeiro, A., Garcia-Alegre, M., Garcia, L., & Guinea, S. (2000). Sistema GPS. Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. *Mundo electrónico*, 306, 54-59.
18. Prokopenko, J. (1987). *La gestión de la productividad*. Suiza: Oficina Internacional del Trabajo. Obtenido de <https://www.academia.edu/>

19. Sanz, G., Pastor, R., y Benedito, E. (2013, Agosto). Distribución urbana de mercancías: descripción y clasificación de soluciones existentes e implementación de dos soluciones novedosas. *DYNA*, 80(179), 6-13.
20. Stubbs, E. (2004). Indicadores de desempeño: naturaleza, utilidad y construcción. *Ciência da Informação*, 33(1), 149-154. doi:10.1590/S0100-19652004000100018
21. Zuluaga, A., Gómez, R., y Fernández, S. (2014). Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo scor. *Clío América*, 8(15), 90-110.