

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

MEJORAR EL PROCESO DE COMPRA DE  
COMBUSTIBLES EN LA EMPRESA  
TRANSPORTES BILLY DEL CARIBE UBICADO EN  
LA PROVINCIA DE HEREDIA EN EL PRIMER  
CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR  
POR LICENCIATURA EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL.

Estudiante:

Joan Manuel Jiménez García

Tutor(a):

Ing. Alina Cordero Brenes

San José, 2025

# I. Acta de aprobación

## CARTA DEL TUTOR

San José, 07 de setiembre de 2025

**Ing. Alina Cordero Brenes**  
**Carrera ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **Joan Manuel Jiménez García** cédula de identidad número 1-1155-0237 me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **MEJORAR EL PROCESO DE COMPRA DE COMBUSTIBLES EN LA EMPRESA TRANSPORTES BILLY DEL CARIBE UBICADO EN LA PROVINCIA DE HEREDIA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de licenciatura

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		94

En virtud de la calificación obtenida, se reprueba.

Atentamente,

ALINA  
 MARCELA  
 CORDERO  
 BRENES (FIRMA)

Firmado digitalmente  
 por ALINA MARCELA  
 CORDERO BRENES  
 (FIRMA)  
 Fecha: 2025.09.07  
 20:54:50 -06'00'

**Nombre Ing. Alina Marcela Cordero Brenes**  
**Cédula identidad 303610967**  
**Carné Colegio Profesional IPI12387**

## **II. Dedicatoria**

Este proyecto de tesis se la dedico a mi hijo Samuel. Hijo has sido mi mayor inspiración y motor para superarme día a día. Quiero que veas este esfuerzo como un ejemplo de que en la vida la educación y el aprendizaje constante son fundamentales, sin importar la carrera que elijamos; lo importante es mantenernos siempre activos, creciendo y luchando por nuestros sueños.

También la dedico a mis padres. A mi mamá, aunque ya no estés físicamente conmigo, quiero que sepas que me hubiese encantado compartir este momento a tu lado; en cada logro estás presente en mi corazón. A mi papá, le agradezco profundamente la educación que me dio, el ejemplo de esfuerzo y la enseñanza de luchar siempre por mis metas, mejorando día a día como persona y profesional.

### **III. Agradecimientos**

Al concluir esta tesis, primero quiero agradecer a Dios por darme la salud y la perseverancia para llegar a la conclusión de este proyecto.

A mi familia novia y amigos, por acompañarme y brindarme apoyo incondicional en cada momento de este camino. A mi tutora, la Ing. Alina Marcela Cordero Brenes, por su guía, orientación y valiosos aportes en cada etapa del trabajo. A la Universidad Hispanoamericana, por el conocimiento y las herramientas proporcionadas durante mi formación profesional.

De manera especial, agradezco a Jeffry (Billy), de la empresa Transportes Billy del Caribe S.A., por la confianza brindada para la ejecución de este proyecto y por permitirme aplicar los conocimientos adquiridos en un entorno real de gran aprendizaje.

Finalmente, quiero agradecerme a mí mismo, por mantenerme firme frente a las adversidades y no rendirme en los momentos de mayor dificultad. El cierre de esta etapa me ha demostrado que los sueños se pueden alcanzar, y que, sin importar las circunstancias, siempre existe la posibilidad de salir adelante y lograr nuestras metas.

## IV. Epígrafes

*"Sin datos, solo eres otra persona con una opinión."*

— W. Edwards Deming

## V. Tabla de contenidos

I.	Acta de aprobación.....	I
II.	Dedicatoria.....	II
III.	Agradecimientos.....	III
IV.	Epígrafes.....	IV
V.	Tabla de contenidos.....	V
VI.	Índice de Figuras.....	XIII
VII.	Índice de tablas.....	XV
VIII.	Acrónimos y siglas.....	XVI
IX.	Resumen Ejecutivo.....	XVII
1.	Capítulo I Planteamiento del proyecto.....	1
1.1	Descripción general del Proyecto.....	1
1.2	Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.....	1
1.2.1	Descripción General de la Organización.....	3
1.2.2	Antecedentes del contexto de la empresa o Institución.....	7
1.3	Planteamiento del problema.....	8
1.3.1	Definición y medición del problema.....	8
1.3.2	Justificación del proyecto.....	9
1.4	Objetivos del proyecto.....	10

1.4.1	Objetivo General .....	10
1.4.2	Objetivos específicos .....	11
1.5	Alcances y Limitaciones .....	11
1.5.1	Alcances .....	11
1.5.2	Limitaciones .....	12
2.	Capítulo II Marco Teórico.....	14
2.1	Marco conceptual general relativo a la carrera .....	16
2.1.1	Aplicaciones de la ingeniería industrial.....	16
2.1.2	Funciones y responsabilidades del ingeniero industrial .....	17
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	17
2.2.1	Etapas del DMAIC.....	19
2.3	Marco Conceptual referente al impacto del proyecto .....	20
2.3.1	SIPOC .....	20
2.3.1.1	Concepto.....	20
2.3.1.2	Para que se Utiliza un diagrama de SIPOC .....	21
2.3.1.3	Como crear un diagrama de SIPOC .....	21
2.3.2	Diagrama de flujo .....	23
2.3.2.1	Concepto.....	23
2.3.2.2	Historia de los diagramas de flujo .....	23
2.3.2.3	Componentes de un diagrama de flujo .....	24

2.3.2.4	Pasos para crear un diagrama de flujo .....	27
2.3.3	Diagrama de Pareto .....	29
2.3.3.1	Concepto.....	29
2.3.3.2	Pasos para elaborar un diagrama de Pareto .....	29
2.3.4	Diagrama de Ishikawa.....	30
2.3.4.1	Concepto.....	30
2.3.4.2	Para que sirve el diagrama de Ishikawa.....	31
2.3.4.3	Ventajas de aplicar este diagrama .....	31
2.3.5	Hoja de recolección de datos.....	32
2.3.5.1	Concepto.....	32
2.3.5.2	Ventajas de las hojas de verificación.....	33
2.3.5.3	Utilización .....	33
2.3.5.4	Pasos para la elaboración de las hojas de recolección.....	34
2.3.6	Tasa interna de retorno TIR .....	35
2.3.6.1	Concepto.....	35
2.3.6.2	Para que sirve la TIR .....	36
2.3.6.3	Importancia en la evaluación de proyectos.....	36
2.3.6.4	Características principales .....	36
2.3.6.5	Como calcular la TIR .....	37
2.3.6.6	Herramientas y Software para calcular la TIR .....	37

2.3.6.7	Interpretación de la TIR.....	37
2.3.6.8	Ventajas y desventajas de la TIR.....	39
2.3.6.9	TIR en proyectos de inversión.....	39
2.3.7	Tasa de descuento .....	40
2.3.7.1	Concepto.....	40
2.3.7.2	Como se calcula la tasa de descuento.....	40
2.3.7.3	Factores que influyen en la tasa de descuento.....	41
2.3.7.4	Importancia de la tasa de descuento .....	42
2.3.8	Que es el Valor Actual Neto (VAN).....	42
2.3.8.1	Concepto:.....	42
2.3.8.2	Parámetros que se deben tener en cuenta en el VAN.....	43
2.3.8.3	Como se calcula el VAN .....	43
2.3.8.4	Como se interpreta el VAN .....	45
2.3.8.5	Riesgos del VAN como herramienta para decidir una inversión .....	45
2.3.9	Círculo de Deming.....	46
2.3.9.1	Concepto.....	46
2.3.9.2	Etapas del círculo de Deming.....	46
2.3.9.3	Ventajas .....	48
2.3.9.4	Desventajas.....	48
2.3.10	Estadística Descriptiva .....	50

2.3.10.1	Medidas estadísticas descriptivas .....	50
2.3.11	Distribución estadística .....	51
2.3.11.1	Definición y conceptos básicos .....	51
2.3.11.2	Características de las distribuciones .....	52
2.3.11.3	Parámetros de una distribución estadística .....	52
2.3.11.4	Importancia de la distribución de datos .....	53
2.3.12	Gráficos estadísticos .....	54
2.3.13	Histograma .....	55
2.3.13.1	Como hacer un histograma .....	55
2.3.13.2	Aplicaciones de un histograma .....	56
2.3.14	Prueba de normalidad .....	56
2.3.14.1	Tipos de pruebas .....	57
2.3.14.2	Prueba Anderson Darling .....	57
2.3.14.3	Prueba de K-cuadrado de D'Agostino .....	58
2.3.14.4	Importancia de las pruebas de normalidad .....	58
2.3.14.5	Interpretación de una prueba de normalidad .....	59
2.3.14.6	Limitaciones de la prueba de normalidad .....	59
2.3.15	Gráfico de cajas .....	60
2.3.15.1	Como hacer un gráfico de cajas .....	61
2.3.15.2	Para que sirve un diagrama de cajas .....	61

2.3.16	Gráfico de intervalos.....	62
2.3.17	Gráfico de Dispersión .....	63
2.3.17.1	Tipos de Correlación .....	63
2.3.17.2	Coefficiente de correlación en un diagrama de dispersión .....	64
2.3.17.3	Como hacer un gráfico de dispersión .....	65
2.4	Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes.....	66
3.	Capitulo III Metodología del Trabajo .....	68
3.1	Metodología para la definición del problema .....	69
3.1.1	Definición del problema.....	70
3.1.2	Herramientas metodológicas utilizadas en la fase de Definir.....	70
3.1.3	Justificación y relevancia de las herramientas seleccionadas .....	71
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto .....	72
3.2.1	Sistema de medición y plan de recolección de datos .....	73
3.2.2	Herramientas Utilizadas en la fase de medición .....	73
3.2.3	Aseguramiento de precisión y confiabilidad de datos.....	74
3.3	Metodología para el análisis del problema .....	75
3.4	Metodología de Implementación.....	77
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento control y seguimiento de resultados	
	78	
3.5.1	Proceso de verificación de resultados .....	79

3.5.2	Herramientas y mecanismos de control .....	79
3.5.3	Roles y seguimiento.....	80
4.	Capítulo IV Análisis de causa raíz .....	81
4.1	Medición del problema .....	82
4.2	Sistema de medición del proyecto y caracterización del problema.....	82
4.3	Análisis de datos y cálculo de KPIs.....	83
4.3.1	Desarrollo del SIPOC.....	84
4.3.2	Diagrama de Proceso .....	85
4.3.3	Análisis de datos .....	88
4.3.3.1	Histograma .....	88
4.3.3.2	Prueba de Normalidad de Anderson-Darling .....	91
4.3.3.3	Gráfico de cajas .....	92
4.3.3.4	Gráfico de Intervalos del Costo CRC/KM por Trimestre .....	93
4.3.3.5	Grafica de Dispersión de residuos.....	95
4.3.3.6	Análisis de relación de carga de trabajo y costo de kilómetro. ....	96
4.3.4	Análisis de Pareto del consumo del combustible.....	98
4.3.5	Diagrama de Ishikawa.....	99
4.4	Conclusiones de la situación actual.....	102
5.	Capítulo V Diseño e Implementación de la solución.....	103
5.1	Principales Causas del problema.....	104

5.2	Soluciones Propuestas.....	105
5.3	Evaluación económica de las soluciones .....	106
5.3.1	Protocolo formal de abastecimiento y control digital mediante KPIs.....	106
5.3.1.1	Inversión inicial estimada.....	112
5.3.1.2	Beneficios esperados .....	112
5.3.1.3	Análisis económico .....	113
5.3.1.4	Sostenibilidad de la propuesta .....	115
5.3.2	Instalación de tanque de Diesel para autoabastecimiento .....	116
5.3.2.1	Inversión inicial estimada.....	118
5.3.2.2	Beneficios Esperados.....	119
5.3.2.3	Análisis económico (escenario con inversión propia).....	120
5.3.2.4	Análisis económico con financiamiento bancario .....	122
5.3.2.5	Sostenibilidad de la solución en el tiempo .....	123
6.	Capitulo VI.....	125
6.1	Conclusiones.....	126
6.2	Recomendaciones .....	127
6.3	Apéndices.....	128
6.4	Anexos.....	132
6.5	Bibliografía.....	144

## VI. Índice de Figuras

Ilustración 1 <i>Equipos de la empresa</i> .....	5
Ilustración 2 Equipo con planta Genset.....	5
Ilustración 3 DMAIC.....	18
Ilustración 4 Diagrama SIPOC .....	21
Ilustración 5 Simbología diagrama de proceso.....	27
Ilustración 6 Gráfico de Pareto .....	30
Ilustración 7 Diagrama de Ishikawa .....	32
Ilustración 8 Hoja de verificación .....	35
Ilustración 9 Fórmula para calcular el TIR.....	37
Ilustración 10 Ventajas y desventaja de la TIR .....	39
Ilustración 11 Fórmula Valor actual Neto VAN .....	44
Ilustración 12 Circulo de Deming .....	49
Ilustración 13 Gráfico de Cajas .....	60
Ilustración 14 SIPOC.....	85
Ilustración 15 Detalle de actividades Situación actual .....	86
Ilustración 16 Diagrama de proceso .....	87
Ilustración 17 Estadísticas Descriptivas .....	89
Ilustración 18 Histograma .....	89
Ilustración 19 Prueba Anderson Darling .....	91
Ilustración 20 Gráficos de cajas.....	93
Ilustración 21 Gráfico de intervalos de costo por Trimestre .....	94
Ilustración 22 Gráfica de Dispersión.....	96

Ilustración 23 Correlación KM estimados; Costo CRC7KM.....	97
Ilustración 24 Diagrama de Pareto .....	99
Ilustración 25 Diagrama de Ishikawa .....	101
Ilustración 26 Detalle de actividades Sugerida.....	108
Ilustración 27 Diagrama Proceso Protocolo abastecimiento .....	109
Ilustración 28 Cálculo TIR y VAN Opción 1 .....	114
Ilustración 29 Ejemplo de tanque de almacenamiento de 10.000 litros. ....	117
Ilustración 30 Cálculo TIR Y VAN Inversión Propia .....	122
Ilustración 31 TIR Y VAN Financiamiento externo .....	123

## VII. Índice de tablas

Tabla 1 Actividades y Herramientas fase definir .....	72
Tabla 2 Actividades y Herramientas fase Medir .....	75
Tabla 3 Actividades y Herramientas fase analizar .....	77
Tabla 4 Actividades y Herramientas fase Implementar.....	78
Tabla 5 Actividades y Herramientas fase controlar.....	80
Tabla 6 Tabla Trimestral costo CRC/KM .....	98
Tabla 7 Causas del problema.....	104
Tabla 8 Soluciones Propuestas .....	105
Tabla 9 KPI's sugeridos .....	110

## VIII. Acrónimos y siglas

**ARESEP:** Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

**CEP:** Control Estadístico de Procesos.

**CRC:** Colón costarricense.

**DMAIC:** Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

**KPI:** Indicador clave de desempeño (Key Performance Indicator).

**PDCA:** Ciclo de mejora continua (Plan-Do-Check-Act / Planear-Hacer-Verificar-Actuar).

**RECOPE:** Refinadora Costarricense de Petróleo.

**SIPOC:** Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes).

**TCM:** Terminal de Contenedores de Moín.

**TIR:** Tasa Interna de Retorno.

**VAN:** Valor Actual Neto.

**WACC:** Weighted Average Cost of Capital (Costo Promedio Ponderado de Capital).

## IX. Resumen Ejecutivo

(García, 2025) Mejorar el proceso de compra de combustibles en la empresa Transportes Billy del Caribe ubicado en la provincia de Heredia en el primer cuatrimestre del año 2025 [Proyecto de graduación para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. Tutora: Ing. Alina Marcela Cordero Brenes

El presente proyecto se enfoca en mejorar el proceso de abastecimiento de combustible en la empresa Transportes Billy del Caribe S.A., con el objetivo general de aumentar en un 10% la puntualidad en las entregas. Se aplicó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), utilizando herramientas como estadística descriptiva, análisis de Pareto, series de tiempo, correlación de Pearson y diagrama de Ishikawa, para identificar causas raíz y proponer mejoras.

El análisis evidenció una falta de estandarización, alta discrecionalidad en las decisiones de los choferes y ausencia de controles de desempeño como principales factores de ineficiencia.

Se plantearon dos soluciones, la primera consiste en un protocolo formal de abastecimiento con control digital y uso de KPIs, que permitiría mejorar la puntualidad y reducir penalidades por €900.000 anuales; y la segunda en la instalación de un tanque de autoconsumo de 10.000 litros, con beneficios anuales estimados en €13,7 millones, un VAN de €24 millones y una TIR del 56%.

Ambas alternativas son técnica y económicamente viables. Se recomienda implementar primero el protocolo formal, mientras se gestiona la inversión para el tanque, asegurando mejoras sostenibles a corto, mediano y largo plazo.

## **1. Capítulo I Planteamiento del proyecto**

## **1.1 Descripción general del Proyecto**

El presente proyecto tiene como objetivo analizar y optimizar el proceso de abastecimiento de combustible de la empresa Transportes Billy del Caribe, dedicada al transporte de contenedores a nivel nacional.

Dado que el combustible representa uno de los principales costos operativos en el transporte de carga, se identificó la necesidad de revisar el proceso actual con herramientas de ingeniería industrial, a fin de detectar ineficiencias y proponer soluciones que contribuyan a una mejor gestión.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de optimización de procesos logísticos, con enfoque en la reducción de costos operativos y mejora en la eficiencia del recurso energético.

Para ello se utilizará la metodología DMAIC, la cual permitirá definir, medir, analizar, mejorar y controlar el proceso objeto de estudio, apoyándose en herramientas como el diagrama SIPOC, análisis de Pareto, diagrama de Ishikawa y análisis financiero.

Como parte del resultado, se espera proponer una o varias alternativas de mejora que impacten positivamente en la rentabilidad y eficiencia del proceso de abastecimiento de la empresa.

## **1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto**

Transportes Billy del Caribe S.A. es una empresa costarricense dedicada al transporte de contenedores marítimos, fundada en el año 2002 y constituida legalmente en 2005 por el señor Jeffry Salinas García, quien actualmente ejerce como presidente. Su operación inició con la

adquisición de su primer cabezal, incursionando en la industria del transporte marítimo nacional.

Desde sus inicios, la empresa ha brindado servicios logísticos a reconocidas compañías del sector, entre ellas: Crowley, Bridge Intermodal Transport (Maersk), Del Monte, Chiquita y Dole. Asimismo, ha trabajado como subcontratista en servicios de “carrusel” de barco en los muelles de Japdeva, atendiendo clientes como Hamburg Sud, Traygo (Hapag Lloyd), Yesy Multiservicios (ZIM) y Crowley.

Uno de sus servicios complementarios más destacados es el transporte terrestre contratado por el cliente (merchant haulage), el cual consiste en que los exportadores o importadores contratan directamente a Transportes Billy del Caribe para movilizar contenedores hacia o desde el puerto, sin utilizar el transporte terrestre de la naviera. Este servicio es prestado en colaboración con productores de fruta como Fyffes Costa Rica, así como con agentes de carga (NVOCCs) como Kuehne+Nagel y Corporación Oceánica Internacional, principalmente en los puertos de Limón y Caldera.

Con la construcción de la Terminal de Contenedores de Moín (TCM), la empresa amplió su portafolio de servicios, incorporando el transporte de cargas a granel, materiales para construcción, así como la gestión de descargas de vapores con materias primas y fertilizantes.

Paralelamente, ha desarrollado una línea de negocio enfocada en el mantenimiento y venta de repuestos para cabezales y chasis, atendiendo a empresas de transporte en la región de Limón. Esta unidad de negocio ha contribuido a la continuidad operativa de flotas de terceros, posicionando a la empresa como un aliado logístico integral.

Actualmente, Transportes Billy del Caribe S.A. opera principalmente en los puertos de Limón y Caldera, y mantiene un predio estratégico en la provincia de Heredia. Su infraestructura, experiencia y capacidad logística le han permitido consolidarse como una empresa clave en el sector de transporte marítimo costarricense, brindando soluciones seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades del mercado.

Dado que el combustible representa uno de los principales costos operativos en el transporte de carga, se identificó la necesidad de revisar el proceso actual con herramientas de ingeniería industrial, a fin de detectar ineficiencias y proponer soluciones que contribuyan a una mejor gestión.

### **1.2.1 Descripción General de la Organización**

Transportes Billy es una empresa costarricense especializada en el transporte de contenedores marítimos, con una trayectoria sólida en la industria desde su fundación en 2002 y constitución legal en 2005. Su objetivo principal es ofrecer soluciones logísticas eficientes y seguras a empresas nacionales e internacionales, operando en los principales puertos de Costa Rica.

Misión: Nuestra visión siempre ha sido satisfacer las necesidades de transporte intermodal para nuestros clientes, con innovación, calidad total y de forma sostenible.

Visión: Ser una opción competitiva y eficiente para nuestros clientes brindando un servicio de calidad al mejor precio, buscando siempre una mejora continua de nuestro negocio.

La empresa actualmente cuenta con un total de 35 empleados activos distribuidos en diferentes departamentos dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Gerencia General

- Gerencia en Puerto Caldera
- Gerente de Ventas
- Gerente de Operaciones
- Gerente Financiero
- Jefe de Taller
- Asistentes de Despacho en Puerto Caldera
- Asistentes de Facturación
- Choferes

Dentro de los servicios brindados por la empresa se pueden mencionar el movimiento de contenedores tanto con carga como vacíos, a diferentes empresas tanto nacionales como transnacionales. Adicional se pueden mencionar otros servicios como lo son:

- Operación de vapores en zona portuaria, además de personal para coordinación de los vapores.
- Traslado de contenedores de muelle-almacenes - predios o cliente.
- Traslado de mercadería de cliente o almacenes al destino.
- Carga y descarga de unidades dentro del territorio nacional.
- Además de unidades debidamente identificadas
- Brindamos servicios de movimientos de material, por medio de trailetas y vagonetas.

*Ilustración 1 Equipos de la empresa*



La empresa cuenta con una móvil con planta genset 460v para darle soporte a casos de emergencia para equipos Reefer con problemas ya sea en planta o en ruta, para que de esta manera podamos salvaguardar y evitar daños en la carga transportada.

*Ilustración 2 Equipo con planta Genset*



Transportes Billy posee Móviles debidamente identificadas con todos los documentos en regla y al día con los respectivos seguros de riesgos, además de GPS para la ubicación en tiempo real.

- Chasis en 45' en dos.
- Chasis en 40' en dos y en tres ejes.
- Chasis en 20' en dos y en tres ejes.
- Con gen-set
- Equipos especiales para el traslado de carga: Furgones, Carretas, Lowboy y trailetas.



Con respecto al tema de las pólizas la empresa está cubierta con una póliza de carga por un monto de \$125.000, y nuestro personal cuenta con sus debidos seguros de riesgo social al día.

Referente al servicio de taller y mantenimiento transportes Billy cuenta con un taller de reparación y mantenimiento para todo el equipo utilizado en nuestras operaciones, además de mantener nuestras unidades en óptimas condiciones. Al estar en un proceso de mejora continua la empresa está adquiriendo más equipos para brindar a sus clientes y mejor servicio.



### **1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o Institución**

Transportes Billy inició operaciones en 2002 con la adquisición de su primer cabezal para transporte de mercancías. A medida que la demanda crecía, la empresa amplió su flota, adquiriendo más equipos en 2005 para mejorar los tiempos de respuesta y optimizar sus servicios.

En 2010, la empresa experimentó un crecimiento significativo gracias al servicio de transporte conocido como "Carrusel", que consistía en el movimiento de contenedores entre los predios y el muelle. Aunque este servicio no representaba un alto margen de ganancia por unidad, el Sr. Jeffry apostó por el volumen de carga, ya que en ese momento la terminal de APM aún no estaba en operación. Con el tiempo, Transportes Billy fue ganando reconocimiento en el mercado, atrayendo la atención de importantes navieras que confiaron en la empresa para trasladar contenedores desde las fincas hasta los muelles.

Con la llegada de APM, el negocio de movimientos de contenedores se vio afectado, ya que el puerto adquirió la capacidad de almacenamiento, eliminando la necesidad de trasladarlos. Ante este cambio, la empresa tomó la decisión estratégica de expandir sus operaciones al puerto de Caldera, estableciendo allí su segundo predio de servicio.

Al contar con presencia en ambos puertos, Jeffrey identificó la necesidad de un punto intermedio para optimizar la logística de los viajes. Esto llevó a la adquisición de un predio en Heredia, lo que permitió mejorar la eficiencia operativa al evitar viajes vacíos hasta Limón y maximizar el uso de los recursos.

Inicialmente enfocada en el transporte de contenedores, la empresa ha diversificado su oferta de servicios a lo largo del tiempo. Actualmente, Transportes Billy también brinda:

- Reparación y mantenimiento de contenedores.
- Almacenamiento con corriente eléctrica para contenedores refrigerados.
- Reparación de cabezales.
- Venta de repuestos en su taller de servicio.

Cada una de estas decisiones ha sido tomada con el objetivo de mejorar la calidad del servicio y consolidar a Transportes Billy como una opción integral para sus clientes, ofreciendo soluciones logísticas completas en un solo lugar.

## **1.3 Planteamiento del problema**

### **1.3.1 Definición y medición del problema**

En Costa Rica, numerosas empresas y trabajadores independientes se dedican al transporte de contenedores, un sector altamente competitivo. Para mantenerse rentables, las empresas deben optimizar sus costos operativos sin comprometer la calidad del servicio que ofrecen a sus clientes.

El abastecimiento de combustible representa uno de los costos operativos más relevantes para la empresa Transportes Billy del Caribe, alcanzando hasta un 40% del total de sus gastos mensuales. Sin embargo, más allá del precio por litro que está regulado por RECOPE en Costa Rica, se ha identificado que el proceso logístico asociado al abastecimiento presenta ineficiencias que podrían estar afectando directamente el tiempo de las entregas de las mercaderías que podrían ser corregidas mediante una revisión integral.

Entre las situaciones observadas se encuentran: desvíos no planificados en rutas de transporte para abastecerse, falta de control individual de consumo por unidad o conductor, tiempos muertos por paradas no programadas y ausencia de indicadores para monitorear el rendimiento del combustible. Estas situaciones generan costos adicionales que podrían evitarse si se implementara una gestión técnica y estructurada del proceso.

Por ello, es necesario analizar el proceso actual desde un enfoque técnico y estructurado, identificar los puntos críticos y plantear propuestas de mejora que permitan reducir pérdidas, optimizar recursos y mejorar la eficiencia en el uso del combustible. Con base en estos hallazgos, se podrán tomar decisiones informadas para mejorar la gestión energética, eventualmente considerando medidas estructurales que contribuyan a una operación más eficiente.

### **1.3.2 Justificación del proyecto**

El abastecimiento de combustible es una actividad crítica dentro de la operación de empresas dedicadas al transporte de carga pesada. En el caso de Transportes Billy del Caribe, representa hasta un 40% del total de los costos operativos mensuales, lo cual justifica la necesidad de revisar su gestión y buscar alternativas para optimizar su uso.

Actualmente, el proceso presenta múltiples oportunidades de mejora, como la ausencia de planificación estratégica para el abastecimiento, falta de registros detallados del consumo por unidad, desvíos logísticos innecesarios para cargar combustible, y tiempos improductivos que afectan la eficiencia global del servicio. Estas ineficiencias, acumuladas, representan una pérdida económica que puede ser reducida mediante un análisis técnico del proceso y la implementación de mejoras operativas.

Este proyecto se justifica por su contribución directa a la reducción de costos, la mejora en la eficiencia logística y la toma de decisiones basadas en datos. Además, puede servir como modelo para empresas similares del sector que enfrentan desafíos en la gestión del combustible.

Desde el punto de vista académico, este trabajo aporta a la aplicación práctica de herramientas de ingeniería industrial para la optimización de procesos, dentro de la línea de investigación en eficiencia operativa y logística, reforzando la utilidad de metodologías como DMAIC en contextos reales.

## **1.4 Objetivos del proyecto**

Seguidamente se van a presentar los objetivos relacionados con la investigación.

### **1.4.1 Objetivo General**

Mejorar el proceso de compra de combustibles en la empresa Transportes Billy del Caribe S.A, empleando la metodología DMAIC, con el propósito de incrementar en un 10% el cumplimiento de entregas en el primer cuatrimestre del año 2025.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Definir los principales aspectos que afectan el proceso de compra de combustibles en la empresa, mediante el uso de herramientas ingenieriles, identificando así los posibles puntos de mejora.
- Medir los indicadores claves del proceso de abastecimiento, utilizando estadística descriptiva, estableciendo así una línea confiable del desempeño actual.
- Analizar la causa raíz de las ineficiencias en el proceso, aplicando herramientas como Pareto, correlación de Pearson e Ishikawa, para determinar los factores de mayor impacto
- Mejorar el proceso de abastecimiento, diseñando un protocolo formal y evaluando la instalación de un tanque de autoconsumo, para incrementar en un 10% el cumplimiento de entregas en el periodo establecido.
- Controlar la sostenibilidad de las mejoras implementadas, incorporando indicadores de gestión (KPIs) y el ciclo de Deming (PDCA), para asegurar la continuidad de los resultados en el tiempo.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

A continuación, se van a describir los diferentes alcances y las limitaciones presentadas en la investigación.

### **1.5.1 Alcances**

- La investigación se desarrollará en la empresa Transportes Billy del Caribe, ubicada en la provincia de Limón y en Heredia.

- El estudio se centrará exclusivamente en el proceso de abastecimiento de combustible que forma parte de las operaciones logísticas de la empresa.
- Se analizarán datos históricos de consumo de combustible correspondientes al año 2024, con el fin de comprender los patrones de consumo y su impacto en los costos operativos.
- Se utilizarán herramientas propias de la metodología DMAIC para la mejora de procesos, tales como SIPOC, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.
- La investigación buscará identificar oportunidades de mejora en el proceso analizado, con énfasis en la eficiencia operativa y el control de costos.
- Se presentarán propuestas orientadas a optimizar el proceso de abastecimiento, como insumo para la toma de decisiones gerenciales que favorezcan la rentabilidad y sostenibilidad operativa de la empresa.

### **1.5.2 Limitaciones**

- La investigación dependerá de la precisión, disponibilidad y acceso a los registros de consumo de combustible y costos operativos que la empresa proporcione para el análisis.
- No se incluirá información detallada de los estados financieros de la empresa, ya que se considera confidencial y sensible.
- No se revelará la identidad de empresas competidoras ni del personal involucrado en el proceso, en cumplimiento con principios de confidencialidad y ética profesional.
- Las propuestas o recomendaciones generadas a partir del análisis no garantizan su aplicación inmediata, ya que su implementación quedará sujeta a la evaluación y decisión interna de la empresa



## **2. Capítulo II Marco Teórico**



## **2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera**

La ingeniería industrial es una rama de la ingeniería orientada a la optimización de sistemas y procesos en las organizaciones. Se distingue por su carácter multidisciplinario, ya que integra conocimientos de administración, estadística, economía y otras áreas con el propósito de incrementar la eficiencia y la productividad. Su labor principal consiste en diseñar, mejorar e implementar sistemas que articulen de manera efectiva a las personas, los materiales, la información, los equipos y la energía.

La relevancia de esta disciplina radica en su capacidad para simplificar y hacer más eficientes los procesos complejos, convirtiéndolos en operaciones mejor organizadas y de mayor efectividad. Gracias a ello, resulta fundamental en cualquier sector que aspire a aprovechar al máximo sus recursos, reducir costos y sostener la competitividad en la industria moderna.

(Ingenieros Conectados, 2024)

### **2.1.1 Aplicaciones de la ingeniería industrial**

La ingeniería industrial tiene presencia en una gran variedad de sectores, cada uno con retos y posibilidades particulares. En el ámbito manufacturero, por ejemplo, los profesionales de esta disciplina buscan optimizar las líneas de producción, reducir desperdicios y fortalecer los estándares de calidad del producto. En el sector servicios, su labor se orienta hacia la eficiencia operativa y la mejora en la experiencia del cliente.

En el campo de la salud, la ingeniería industrial contribuye a reorganizar procesos hospitalarios con el fin de disminuir tiempos de espera y elevar la calidad de la atención. En la logística, se enfoca en diseñar sistemas de distribución que reduzcan costos y agilicen las

entregas. Estos casos ilustran cómo la disciplina aporta valor tangible en distintos entornos organizacionales. (Ingenieros Conectados, 2024)

### **2.1.2 Funciones y responsabilidades del ingeniero industrial**

El ingeniero industrial cumple un papel esencial en la optimización de procesos dentro de las organizaciones. Su labor se orienta al análisis y perfeccionamiento de los métodos de trabajo, a la gestión eficiente de los recursos y a la aplicación de estrategias de mejora continua. Estas acciones no solo fortalecen el desempeño de la empresa, sino que también contribuyen a incrementar su competitividad en un entorno global altamente demandante.

En la práctica profesional, estos especialistas integran conocimientos provenientes de áreas como la administración, la estadística y la economía para diseñar, implementar y perfeccionar sistemas que articulen personas, materiales, información, equipos y energía. A continuación, se presentan algunas de las funciones y responsabilidades más relevantes que caracterizan la labor del ingeniero industrial. (Ingenieros Conectados, 2024)

## **2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto**

El enfoque DMAIC, cuyas siglas en inglés corresponden a Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), constituye una metodología sistemática aplicada en el marco de Six Sigma para la mejora continua y la resolución de problemas. Su implementación contribuye a disminuir la variabilidad de los procesos, elevar la calidad de los resultados y optimizar el rendimiento global de la organización. (APPVIZER, 2020)

Ilustración 3 DMAIC



El método DMAIC tiene su origen en la metodología Six Sigma, desarrollada por Bill Smith en Motorola a finales de la década de 1980. Este enfoque se basa en un análisis estructurado orientado a la resolución de problemas complejos y comparte los mismos propósitos que Lean Six Sigma, entre los que destacan:

Incrementar la productividad y la rentabilidad.

Elevar la satisfacción del cliente.

Optimizar el uso de los recursos disponibles.

Disminuir los niveles de desperdicio.

Mejorar tanto la calidad de vida como la seguridad de los colaboradores. (APPVIZER, 2020)

### 2.2.1 Etapas del DMAIC

**Definir (Define):** en la primera etapa, se precisa con claridad cual es el problema o el objetivo de mejora del proceso. Así mismo se logra identificar los clientes y sus requisitos, se determina el alcance del proyecto y se crea un equipo de trabajo. El objetivo es comprender completamente el problema y su impacto en el negocio de manera integral.

**Medir (Measure):** En esta fase se recolecta información esencial acerca del proceso actual y se establecen mediciones basadas en hechos. Esto implica identificar las variables clave que afectan el proceso y determinar cómo medirlas. El objetivo es obtener una imagen clara de cómo funciona el proceso en la situación actual.

**Analizar (Analyze):** Durante esta fase se estudian los datos recolectados con el propósito de descubrir las causas fundamentales de las deficiencias observadas. Para ellos se aplican técnicas estadísticas y herramientas de calidad que permiten establecer vínculos entre las variables y reconocer los elementos que originan la variabilidad del proceso.

**Mejorar (Improve):** en esta etapa de la metodología se proponen soluciones y cambios para mejorar el proceso. Se evalúan estas soluciones y se implementan aquellas que se consideran más efectivas. El propósito es mejorar el proceso mediante ajustes que incrementen su eficiencia, reduzcan la variabilidad y aporten resultados sostenibles en el tiempo.

**Controlar (Control):** En fase final, se aplican mecanismos de monitoreo con el fin de asegurar la permanencia de las mejoras logradas. El objetivo es prevenir la recurrencia de los problemas, y que una vez ya el producto haya salido de su cuarentena salga sin ningún tipo de no conformidad al mercado. (APPVIZER, 2020)

## 2.3 Marco Conceptual referente al impacto del proyecto

### 2.3.1 SIPOC

#### 2.3.1.1 Concepto

El diagrama SIPOC constituye un recurso utilizado en la gestión de calidad para representar de forma global los componentes esenciales de un proceso. El término corresponde a las siglas en inglés de Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers, y su aplicación facilita la comprensión del flujo del proceso, así como la relación existente entre cada una de sus partes.

Los diagramas SIPOC no buscan profundizar en cada detalle operativo, sino ofrecer a los involucrados una visión global del proceso. De esta manera, sirven como guía para la toma de decisiones y la identificación de oportunidades de mejora. (MacNeil, 2024)

El acrónimo SIPOC hace referencia a cinco elementos esenciales que conforman un proceso:

- **Proveedores (Suppliers):** constituyen la fuente de los insumos necesarios para ejecutar las actividades.
- **Entradas (Inputs):** abarcan los recursos, materiales o información requeridos para que el proceso pueda desarrollarse.
- **Proceso (Process):** corresponde a la secuencia de actividades principales mediante las cuales se transforman las entradas en resultados.
- **Salidas (Outputs):** representan los bienes o servicios generados tras la ejecución del proceso.
- **Clientes (Customers):** son los destinatarios finales que reciben y hacen uso de los productos o servicios obtenidos (MacNeil, 2024)

Ilustración 4 Diagrama SIPOC



Fuente: (MacNeil, 2024)

### 2.3.1.2 Para que se Utiliza un diagrama de SIPOC

Los diagramas SIPOC se emplean con frecuencia en la gestión de proyectos bajo el enfoque Lean Six Sigma, dentro de las iniciativas de mejora de procesos. Esta metodología busca reducir los defectos y las variaciones en los resultados, por lo que resulta especialmente útil tanto en procesos productivos como en aquellos relacionados con la experiencia del cliente. En este marco, el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) constituye el núcleo de Lean Six Sigma, y el diagrama SIPOC se aplica principalmente en la fase de Definir, ya que permite delimitar los elementos clave del proceso desde el inicio. (MacNeil, 2024)

### 2.3.1.3 Como crear un diagrama de SIPOC

La elaboración de un diagrama SIPOC puede abordarse de forma secuencial mediante las siguientes etapas:

**Selección del proceso:** elegir el proceso que se desea representar, ya sea uno nuevo que se pretende implementar o uno existente que se busca optimizar. Este esquema permite comprender mejor el flujo, generar ideas de mejora y ofrecer una visión general a los interesados para facilitar la toma de decisiones.

**Definición del proceso (P):** aunque las siglas de SIPOC sugieren un orden específico, suele ser más práctico iniciar con la sección del proceso. Para ello, se identifican entre cuatro y cinco pasos generales que lo describan, cada uno con su respectiva acción y responsable. Opcionalmente, estos pueden organizarse en un diagrama de flujo.

**Identificación de las salidas (O):** se enumeran los productos, servicios, materiales o información que resultan de la ejecución del proceso. Estas salidas deben alinearse con los requerimientos del cliente, ya que constituyen lo que realmente reciben y valoran.

**Determinación de los clientes (C):** se reconocen los destinatarios de las salidas, que pueden ser tanto externos (clientes finales) como internos (colaboradores o áreas de la organización que utilizan los resultados).

**Listado de las entradas (I):** se detallan los recursos, materiales, información o servicios necesarios para que el proceso funcione correctamente. Esta etapa también permite evaluar si los proveedores cumplen con los requerimientos establecidos.

**Identificación de los proveedores (S):** se especifican las fuentes responsables de suministrar las entradas al proceso, lo que facilita conocer cuántos proveedores intervienen y evaluar la eficiencia de su gestión.(MacNeil, 2024)

## **2.3.2 Diagrama de flujo**

### **2.3.2.1 Concepto**

El diagrama de flujo es una herramienta gráfica utilizada para representar de manera visual un proceso, sistema o algoritmo, empleando símbolos estandarizados y flechas que indican la secuencia y dirección de las actividades. Su función es mostrar de manera secuencial las actividades y las decisiones que deben tomarse para completar una tarea o resolver un problema. Gracias a esta herramienta es posible descomponer procesos complejos en elementos más simples y manejables, lo que facilita tanto su comprensión como su análisis. Además, resulta útil para detectar posibles fallas o ineficiencias y proponer mejoras en el flujo de trabajo.

El campo de aplicación de los diagramas de flujo es amplio y diverso. En el ámbito informático, sirven para planificar y documentar algoritmos y estructuras de software. En el entorno empresarial, apoyan la representación y optimización de procesos administrativos y operativos, permitiendo identificar cuellos de botella y eliminar redundancias, a la vez que fomentan una comunicación más clara entre departamentos. En educación, se emplean como recurso pedagógico para enseñar lógica y estrategias de resolución de problemas. De igual manera, en la ingeniería constituyen una herramienta clave para modelar y evaluar procesos industriales, asegurando eficiencia y precisión en cada una de sus etapas. (creately, 2024)

### **2.3.2.2 Historia de los diagramas de flujo**

El uso de los diagramas de flujo se remonta a comienzos del siglo XX, cuando los ingenieros industriales Frank y Lillian Gilbreth los incorporaron como herramienta para mejorar la eficiencia en las tareas laborales. Más adelante, en la década de 1940, Herman Goldstine y John Von Neumann los adaptaron al ámbito de la computación para describir algoritmos, lo

que consolidó su papel como recurso fundamental en diversas disciplinas como la ingeniería, la informática, la administración y la educación.

Su versatilidad les ha permitido tener aplicaciones en múltiples campos: en informática se emplean para planificar y documentar algoritmos, así como para representar el funcionamiento de sistemas de software; en el ámbito empresarial son útiles para mapear procesos administrativos u operativos, identificar redundancias y cuellos de botella, y favorecer una comunicación más clara entre áreas; en la educación funcionan como recurso didáctico en la enseñanza de la lógica y la resolución de problemas; y en ingeniería se utilizan para diseñar y analizar procesos industriales, garantizando eficiencia en cada etapa.

La evolución de esta herramienta muestra su creciente importancia en la optimización de procesos. Si bien inicialmente estuvo asociada a la manufactura y la ingeniería, el avance de la informática amplió su uso a distintos sectores. En la actualidad, gracias a herramientas digitales y software especializado, los diagramas de flujo pueden elaborarse de forma colaborativa y con mayor precisión, lo que los convierte en un recurso accesible y eficaz para distintos contextos organizacionales. (creatly, 2024)

### **2.3.2.3 Componentes de un diagrama de flujo**










Los componentes básicos de un diagrama de flujo incluyen:

- 1- Inicio/Fin:** Estos elementos, representados habitualmente mediante óvalos, señalan el comienzo y la finalización de un proceso. El símbolo de inicio establece el punto en el que arranca el procedimiento, mientras que el símbolo de fin indica dónde concluye.

- 2- **Actividades / Tareas:** Los rectángulos se utilizan para representar actividades o tareas concretas que forman parte del proceso. En cada figura debe colocarse una descripción breve y precisa de la acción que se ejecuta en ese paso.
- 3- **Decisiones:** Los paralelogramos se emplean para señalar los momentos en que la información o los materiales ingresan al proceso, así como los resultados que se generan al finalizarlo. Las entradas pueden consistir en datos o recursos necesarios para iniciar la secuencia, mientras que las salidas representan los productos o resultados obtenidos.
- 4- **Conectores:** Las flechas son esenciales en un diagrama de flujo, ya que muestran la dirección del flujo del proceso de un componente a otro. Indican el orden en que se deben ejecutar las actividades y hacia dónde deben dirigirse las decisiones.
- 5- **Entradas/Salidas:** Son representadas por paralelogramos, estos símbolos muestran los puntos donde los datos entran en el proceso y donde salen los resultados. Las entradas representan los datos o recursos requeridos para iniciar el procedimiento, mientras que las salidas corresponden a los resultados o productos que se obtienen al concluir el proceso.
- 6- **Subprocesos:** En algunos casos se utilizan rectángulos con líneas dobles, estos indican que hay un proceso o conjunto de actividades que se desglosan en un diagrama de flujo separado. Este recurso permite que el diagrama principal se mantenga ordenado y fácil de interpretar, especialmente cuando se trabaja con procesos de alta complejidad.
- 7- **Documentos:** Son representados por un rectángulo con una onda en la parte inferior, estos símbolos indican que hay un documento involucrado en el proceso, ya sea como entrada, salida o referencia.

- 8- **Almacenamiento de datos:** Frecuentemente son representado por un cilindro, este símbolo indica que los datos se almacenan en algún tipo de base de datos o archivo.
- 9- **Operaciones manuales:** Son representadas por un trapecio, estas indican que hay una operación manual que debe realizarse dentro del proceso.
- 10- **Preparación:** El hexágono se emplea para señalar una etapa de preparación o ajuste previo que debe realizarse antes de avanzar al siguiente paso dentro del proceso.
- 11- **Comentarios o notas:** El símbolo de anotación, que suele representarse como un rectángulo con una esquina doblada, se utiliza para añadir aclaraciones o información complementaria sobre ciertos elementos del diagrama de flujo.
- 12- **Conectores internos y externos:** Los conectores internos, representados por círculos simples, y los externos, mostrados como pequeños círculos acompañados de letras o números, sirven para enlazar secciones de un diagrama que no aparecen unidas de manera directa en la misma página. Este recurso resulta especialmente práctico en diagramas extensos que deben dividirse en varias hojas. (creately, 2024)

Ilustración 5 Simbología diagrama de proceso

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	<b>Operación:</b> Se usa para describir cualquier actividad. En el interior del rectángulo se escribe una breve descripción de la actividad.
	<b>Límites del Proceso:</b> Indica el inicio y el final de un proceso. En el interior del eclipse aparece la palabra inicio o fin.
	<b>Punto de Decisión:</b> Denota que en ese punto se toma una decisión. Los outputs salidas del diamante, son siempre dos y del tipo SI / No.
	<b>Movimiento:</b> Muestra el movimiento de un output entre distintos puntos de la organización.
	<b>Conector:</b> Señala que el output de ese proceso puede ser el input de otro ( la letra indica el proceso de entrada)
	<b>Dirección del flujo:</b> Denota la dirección y el orden de los pasos del proceso
	<b>Documento:</b> Documento/registro.
	<b>Listados:</b> Listados / notas de trabajo acumulado, información referente a la actividad.
	<b>Base de datos:</b> Punto de archivo donde se retiene temporalmente la información, en espera que se cumplan otras condiciones para continuar el proceso. Puede llevar asociada una tarea de administración de almacenamiento.

**Fuente:** (creately, 2024)

#### 2.3.2.4 Pasos para crear un diagrama de flujo

- 1- **Definir el Objetivo:** El primer paso consiste en establecer con claridad el objetivo. Es fundamental precisar el propósito del diagrama y el proceso que se desea representar.
- 2- **Identificar los pasos:** Tras haber establecido el objetivo, se procede a detallar todas las tareas que integran el proceso. Esto requiere elaborar un inventario minucioso de cada acción que lo compone. Para asegurar que no se omitan pasos importantes, es

recomendable consultar a quienes conocen o ejecutan el procedimiento. Además, conviene organizar dichas actividades en el orden en que se realizan, lo cual simplifica la posterior elaboración del diagrama de flujo.

- 3- **Elegir los símbolos:** El tercer paso consiste en seleccionar los símbolos adecuados para representar cada actividad. Los diagramas de flujo emplean convenciones estandarizadas: óvalos para marcar el inicio y el final, rectángulos para acciones, rombos para decisiones y flechas para indicar la secuencia del proceso. La elección de símbolos apropiados asegura que el diagrama refleje de manera clara las acciones y decisiones del procedimiento, facilitando así su comprensión para todos los usuarios.
- 4- **Dibujar el diagrama:** Con los pasos identificados y los símbolos seleccionados, se procede a dibujar el diagrama. Utiliza los símbolos y conectores para representar visualmente el proceso.
- 5- **Revisar y ajustar:** Tras elaborar el diagrama, resulta esencial revisarlo y hacer los ajustes necesarios. Es importante confirmar que la representación corresponda fielmente al proceso y que su lectura sea clara y sencilla. Se recomienda que distintas personas lo examinen para garantizar exactitud y comprensión. Durante esta revisión pueden surgir oportunidades para simplificar o perfeccionar el procedimiento, lo que implica realizar ajustes al diagrama. Estas modificaciones aseguran que la herramienta cumpla de manera efectiva con su propósito. (creately, 2024)

### 2.3.3 Diagrama de Pareto

#### 2.3.3.1 Concepto

El diagrama de Pareto es una representación gráfica en forma de barras que organiza, de izquierda a derecha y en orden descendente, las causas o factores asociados a una situación.

En este contexto, se denominarán causas a los problemas identificados y situación problemática al fenómeno analizado. Esta herramienta facilita la priorización de los factores más relevantes y permite enfocar los esfuerzos de mejora en aquellos que generan mayor impacto. (Betancourt, 25)

#### 2.3.3.2 Pasos para elaborar un diagrama de Pareto

**Definir la situación problemática:** Identificar si existe un problema y en qué consiste.

**Clasificar las causas o categorías:** Determinar los factores vinculados con la situación, especificando también el período de análisis.

**Recolectar datos:** Reunir la información necesaria sobre el problema y sus posibles causas, considerando la naturaleza de cada caso.

**Ordenar los resultados:** Organizar las causas de mayor a menor según los datos obtenidos. El criterio puede ser frecuencia de ocurrencia, costo asociado, desperdicio en unidades monetarias, entre otros.

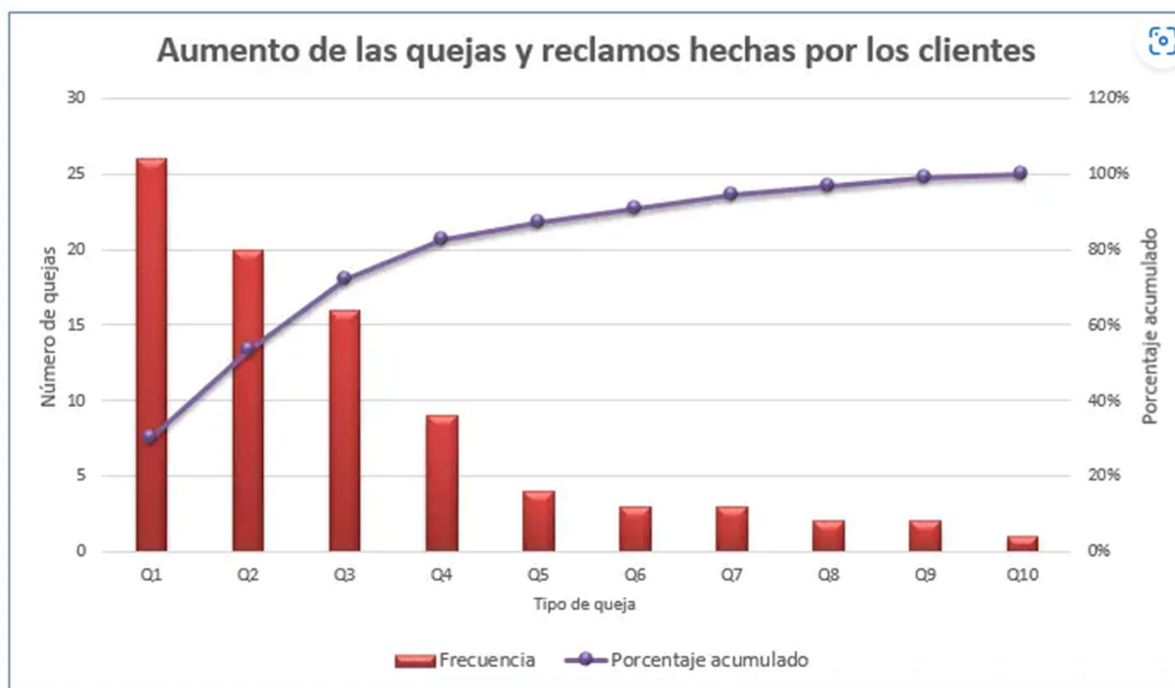
**Realizar cálculos:** A partir de los datos ordenados, calcular valores acumulados, porcentajes individuales y porcentajes acumulados.

**Graficar las causas:** En el eje X se colocan las causas, mientras que en el eje Y izquierdo se representa la frecuencia o magnitud mediante barras verticales.

**Trazar la curva acumulada:** En el eje Y derecho se ubica el porcentaje acumulado (de 0% a 100%), utilizado para dibujar la curva acumulada.

**Analizar e interpretar:** Finalmente, se estudia el diagrama para identificar cuáles causas concentran la mayor parte del problema y priorizar acciones de mejora. (Betancourt, 25)

Ilustración 6 Gráfico de Pareto



Ejemplo de Curva 80-20 terminado

Fuente: (Betancourt, 25)

## 2.3.4 Diagrama de Ishikawa

### 2.3.4.1 Concepto

El diagrama de Ishikawa es una herramienta visual que permite representar un problema central junto con sus posibles causas. En esta representación, el problema se ubica en la “cabeza del pescado”, de la cual parte una espina principal. A partir de esta se desprenden las causas principales o espinas grandes, que a su vez pueden dividirse en causas más pequeñas.

Según su creador, Kaoru Ishikawa, el análisis puede extenderse hasta alcanzar un quinto nivel de detalle en las causas. (Probabilidad y estadística, s.f.)

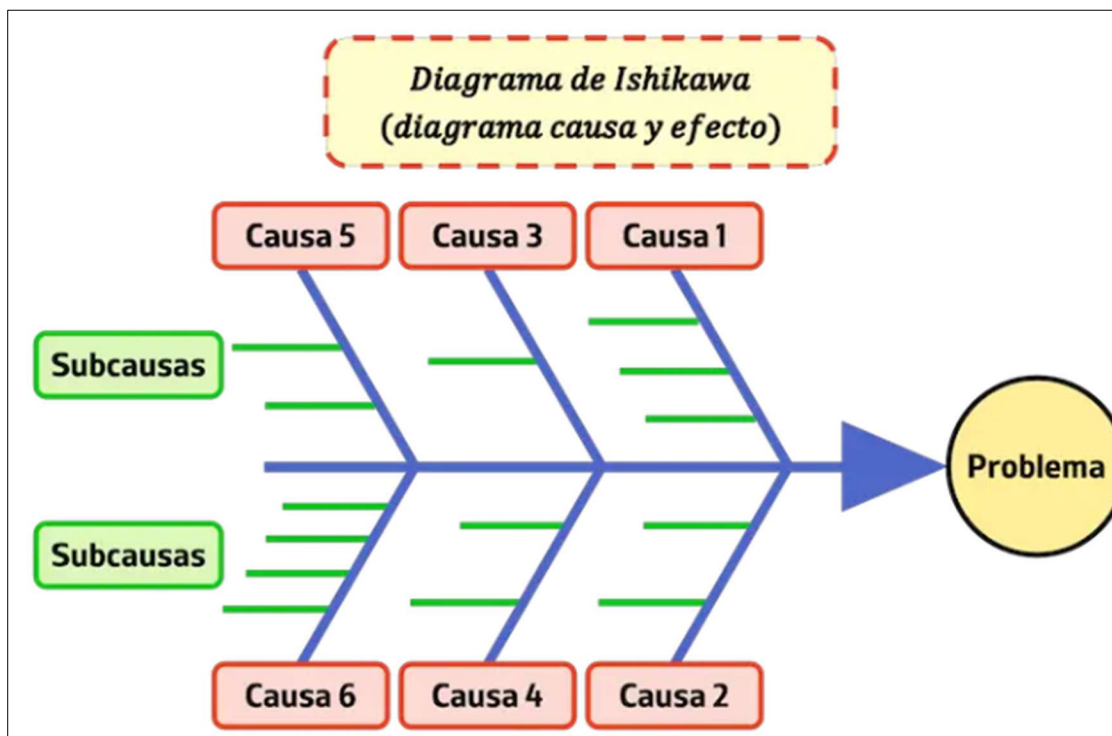
#### **2.3.4.2 Para que sirve el diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto, se emplea para estudiar un problema e identificar sus causas. Su aplicación resulta especialmente útil en proyectos de mejora de procesos, ya que permite detectar los factores que afectan la eficiencia o la calidad de un procedimiento. Localizar la causa raíz de un problema es esencial para poder corregirlo de manera efectiva. De igual forma, esta herramienta se utiliza con frecuencia en el ámbito del control de calidad de productos, dado que facilita la identificación de los elementos que generan deficiencias en el resultado final. (Probabilidad y estadística, s.f.)

#### **2.3.4.3 Ventajas de aplicar este diagrama**

- **Favorece la comprensión del problema:** Ayuda a obtener una visión más clara de la situación que se está analizando.
- **Representa gráficamente las causas:** Al mostrarlas de forma visual, facilita la interpretación y el entendimiento del problema.
- **Impulsa el trabajo en equipo:** Cuando se construye de manera conjunta, promueve la participación de los colaboradores y fortalece la cohesión del grupo.
- **Destaca áreas críticas del proceso:** Permite identificar con precisión cuáles son las fases o departamentos donde se concentran las dificultades.
- **Sencillez de aplicación:** Es un recurso accesible y práctico de elaborar. (Probabilidad y estadística, s.f.)

Ilustración 7 Diagrama de Ishikawa



Fuente: (Betancourt, 25)

### 2.3.5 Hoja de recolección de datos

#### 2.3.5.1 Concepto

La hoja de verificación, también conocida como hoja de control, es un formato estructurado en forma de tabla o diagrama que se utiliza para recopilar datos de manera sencilla y ordenada. Su diseño busca facilitar el registro de información a través de marcas o anotaciones relacionadas con la ocurrencia de ciertos eventos. Este instrumento se elabora de forma que resulte práctico de aplicar, interfiera lo menos posible con la labor de quien lo completa y permita obtener registros claros y sistemáticos para el análisis de los factores que inciden en una situación o problema específico. (Gehisy, 2017)

### 2.3.5.2 Ventajas de las hojas de verificación

**Facilitan la interpretación de la información:** Presentan los datos de forma clara y comprensible.

**Método simple y adaptable:** Los datos se obtienen mediante un procedimiento ágil y eficiente que puede aplicarse en cualquier área de la organización.

**Permiten identificar patrones:** Muestran de manera rápida tendencias o comportamientos presentes en los datos recopilados. (Gehisy, 2017)

### 2.3.5.3 Utilización

Dentro de los procesos de mejora de la calidad, la hoja de verificación se emplea en el análisis de los síntomas de un problema, en la identificación de causas y en la recolección de datos que permitan validar hipótesis. Además, constituye una base útil para la elaboración de otras herramientas de control, como los diagramas de Pareto, los gráficos de control o los histogramas. Este formato debe ser sencillo y visual, de manera que facilite un primer análisis y permita reconocer la magnitud y localización de los principales problemas.

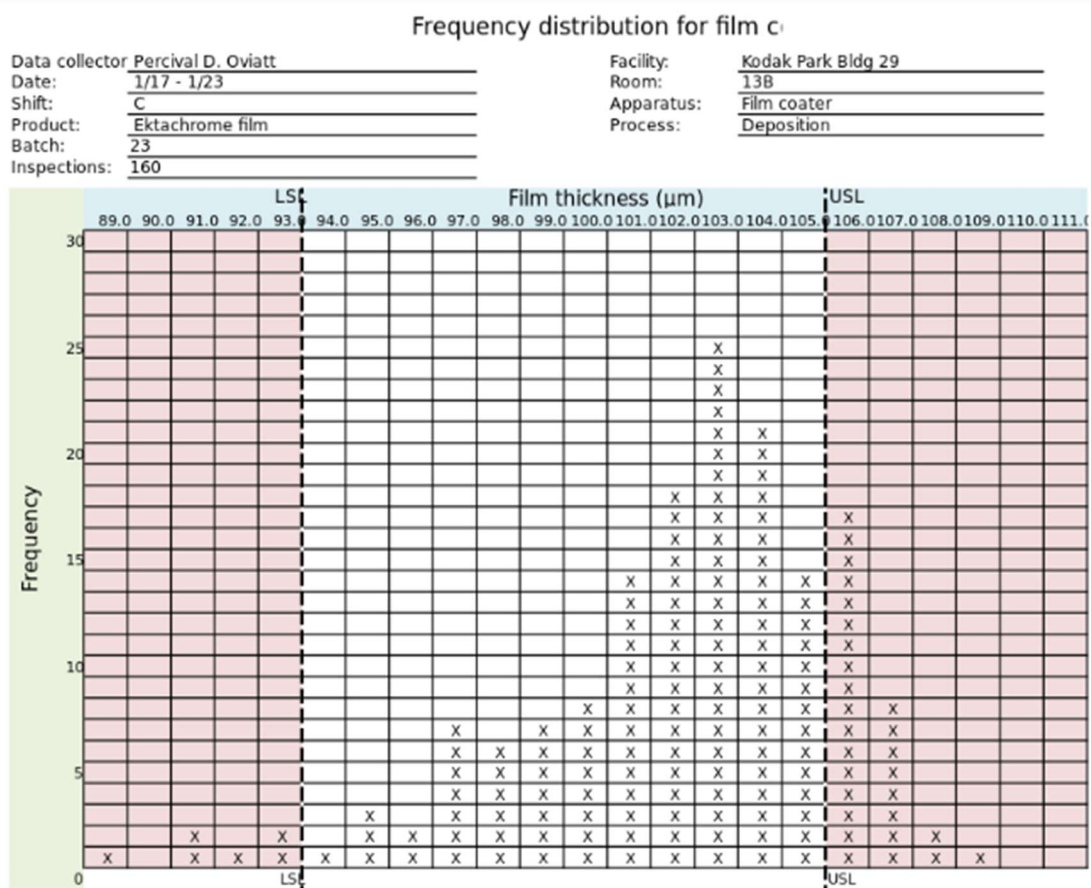
Cada departamento de la organización puede diseñar su propio formato de registro, adaptado a sus necesidades, lo que ayuda a comprender mejor la recurrencia de ciertos problemas.

Algunos ejemplos frecuentes que pueden documentarse con esta herramienta incluyen: accidentes laborales, fallas en equipos de mantenimiento, errores en trámites administrativos, quejas y reclamaciones de clientes, incumplimientos en plazos de entrega, ausentismo o resultados de inspecciones y supervisiones de operaciones. (Gehisy, 2017)

#### 2.3.5.4 Pasos para la elaboración de las hojas de recolección

- 1- **Definir el proceso a observar:** Es fundamental que los participantes concentren su atención en las características específicas del proceso, identificando con claridad las partes a analizar para evitar dispersarse en aspectos irrelevantes.
- 2- **Establecer el periodo de recolectados de datos:** La información puede recopilarse en lapsos de horas, semanas o meses, según la naturaleza del estudio. Dichos periodos deben ser realistas y útiles para aportar evidencia significativa.
- 3- **Diseñar una formato claro y práctico:** El instrumento debe contener columnas bien descritas y espacio suficiente para el registro. La hoja de verificación debe ser sencilla, de fácil uso y orientada a facilitar el análisis posterior.
- 4- **Recolectar los daros de una manera consistente y honesta:** El responsable de la recolección debe dedicar el tiempo necesario a la tarea, ya que en ocasiones puede resultar repetitiva o cansada. La disciplina en este paso asegura la calidad y fiabilidad de la información. (Gehisy, 2017)

Ilustración 8 Hoja de verificación



## 2.3.6 Tasa interna de retorno TIR

### 2.3.6.1 Concepto

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como un indicador expresado en porcentaje que muestra la rentabilidad media anual estimada durante toda la vida útil de un proyecto. Su utilidad principal radica en la toma de decisiones de inversión, ya que permite contrastar diferentes alternativas y valorar la factibilidad de cada una. En términos prácticos, cuando la TIR obtenida es superior a la tasa mínima requerida por inversionistas también llamada costo de oportunidad el proyecto resulta atractivo; por el contrario, si se encuentra por debajo de ese umbral, se considera no viable y se recomienda descartarlo. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### **2.3.6.2 Para que sirve la TIR**

La Tasa Interna de Retorno (TIR), cumple varias funciones dentro del análisis financiero. En primer lugar, permite estimar la rentabilidad de un proyecto de inversión, al verificar si los ingresos esperados cubrirán el desembolso inicial y generarán utilidades adicionales. Además, facilita la comparación entre alternativas con diferentes flujos de caja y horizontes temporales, lo que contribuye a seleccionar la opción más atractiva. También resulta útil en la toma de decisiones de financiamiento, ya que ayuda a definir si conviene utilizar capital propio o recurrir a deuda. Finalmente, se emplea como referencia en la negociación de acuerdos de inversión, brindando un criterio objetivo para establecer condiciones entre inversionistas y emprendedores. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### **2.3.6.3 Importancia en la evaluación de proyectos**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador de gran relevancia al momento de valorar proyectos de inversión. En primer lugar, incorpora el concepto del valor del dinero en el tiempo, reconociendo que un flujo recibido en el futuro tiene menor valor que uno percibido en el presente. Asimismo, ofrece una medida comparativa de rentabilidad, ya que posibilita contrastar proyectos con distintos niveles de inversión y diferentes plazos de ejecución. Finalmente, su expresión porcentual la convierte en una herramienta sencilla de interpretar y comunicar, incluso para quienes no son especialistas en finanzas. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### **2.3.6.4 Características principales**

Entre los rasgos más relevantes de la Tasa Interna de Retorno se pueden mencionar los siguientes: se expresa en forma porcentual, lo que facilita su comprensión; refleja el rendimiento medio anual de un proyecto; su cálculo se basa en encontrar la tasa que hace que

el Valor Actual Neto (VAN) sea igual a cero; funciona como un indicador de rentabilidad relativa y depende directamente de los flujos de caja considerados en el análisis. Cabe señalar que en determinados escenarios puede arrojar más de una solución y, además, no toma en cuenta la magnitud del proyecto evaluado. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### 2.3.6.5 Como calcular la TIR

La fórmula de la TIR se basa en igualar el Valor Actual Neto (VAN) a cero. La fórmula general es la siguiente:

*Ilustración 9 Fórmula para calcular el TIR*

$$0 = \text{Inversión Inicial} + \text{Flujo de Caja 1} / (1 + \text{TIR})^1 + \text{Flujo de Caja 2} / (1 + \text{TIR})^2 + \dots + \text{Flujo de Caja n} / (1 + \text{TIR})^n$$

Donde:

- **Inversión Inicial:** Es el desembolso inicial del proyecto
- **Flujo de caja n:** Es el flujo de caja neto del proyecto en el periodo n
- **TIR:** Es la tasa interna de retorno
- **N:** Es el número de periodos del proyecto. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### 2.3.6.6 Herramientas y Software para calcular la TIR

- **Microsoft Excel:** La función TIR permite calcular la TIR de un proyecto a partir de sus flujos de caja. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### 2.3.6.7 Interpretación de la TIR

Una vez obtenida la Tasa Interna de Retorno (TIR), su correcta interpretación resulta esencial para la toma de decisiones de inversión. El análisis se realiza comparándola con la tasa de descuento o costo de oportunidad del inversionista:

Si la TIR supera la tasa de descuento, el proyecto se considera rentable, pues la rentabilidad estimada es mayor a la mínima exigida, lo que respalda su aceptación.

Si la TIR es equivalente a la tasa de descuento, la inversión se clasifica como indiferente, ya que generaría un rendimiento igual al requerido; en este caso, la decisión de continuar dependerá de factores adicionales.

Si la TIR es inferior a la tasa de descuento, el proyecto se evalúa como no viable, ya que su rendimiento proyectado no alcanza el mínimo esperado, lo que implica riesgo de pérdida para el inversionista.

Cabe señalar que este criterio supone que los flujos de caja producidos por el proyecto se reinvierten a la misma tasa calculada como TIR. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### 2.3.6.8 Ventajas y desventajas de la TIR

Ilustración 10 Ventajas y desventaja de la TIR

Ventajas	Desventajas
<p><b>Fácil de entender e interpretar:</b> Se expresa como un porcentaje, lo que facilita su comprensión y comunicación.</p>	<p><b>Puede tener múltiples soluciones:</b> En proyectos con flujos de caja no convencionales (con cambios de signo), la TIR puede tener múltiples soluciones, lo que dificulta su interpretación.</p>
<p><b>Considera el valor del dinero en el tiempo:</b> Reconoce que el dinero recibido en el futuro vale menos que el dinero recibido hoy.</p>	<p><b>Asume la reinversión de los flujos de caja a la misma tasa:</b> Supone que los flujos de caja generados por el proyecto se reinvierten a la misma tasa de la TIR, lo que puede no ser realista en la práctica.</p>
<p><b>Proporciona una medida de rentabilidad relativa:</b> Permite comparar la rentabilidad de proyectos con diferentes montos de inversión y horizontes temporales.</p>	<p><b>No considera el tamaño del proyecto:</b> Dos proyectos con la misma TIR pueden tener flujos de caja y valores actuales netos muy diferentes.</p>
<p><b>Es un indicador ampliamente utilizado:</b> Es un indicador reconocido y utilizado por la mayoría de los profesionales de las finanzas.</p>	<p><b>Puede ser difícil de calcular manualmente:</b> La fórmula de la TIR puede ser compleja de resolver manualmente, especialmente en proyectos con muchos períodos.</p>
<p><b>Se puede utilizar en combinación con otros indicadores:</b> Se puede complementar con otros indicadores como el VAN para obtener una visión más completa de la rentabilidad de un proyecto.</p>	<p><b>Puede ser sensible a cambios en los flujos de caja:</b> Pequeñas variaciones en los flujos de caja estimados pueden tener un impacto significativo en la TIR.</p>

Fuente: (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### 2.3.6.9 TIR en proyectos de inversión

La Tasa Interna de Retorno (TIR) constituye un instrumento esencial para valorar la rentabilidad de proyectos de inversión, ya sea en iniciativas de gran escala como la apertura de una planta de producción o en proyectos de menor magnitud, como el lanzamiento de un

nuevo producto. Su cálculo permite a los inversionistas estimar si los ingresos futuros serán suficientes para recuperar la inversión inicial y generar beneficios adicionales. Asimismo, brinda la posibilidad de contrastar distintas alternativas y seleccionar aquella que ofrezca el mayor nivel de retorno esperado. (contabilidad y Finanzas, s.f.)

### **2.3.7 Tasa de descuento**

#### **2.3.7.1 Concepto**

La tasa de descuento se entiende como el costo de oportunidad asociado a destinar recursos a un proyecto específico en lugar de invertirlos en una alternativa con un rendimiento asegurado. Representa el costo de capital aplicado para convertir a valor presente los flujos de dinero futuros. En otras palabras, refleja el nivel de riesgo vinculado a la inversión: a mayor riesgo, se asigna una tasa de descuento más elevada, lo cual reduce el valor actual del proyecto frente a otras opciones con menor riesgo. (liebrecapital, s.f.)

#### **2.3.7.2 Como se calcula la tasa de descuento**

La tasa de descuento suele estimarse a través del WACC (Weighted Average Cost of Capital), conocido como costo promedio ponderado de capital. Este indicador integra las diferentes fuentes de financiamiento de la empresa, considerando tanto los recursos obtenidos mediante deuda como aquellos aportados por los accionistas, y asigna un peso relativo a cada componente según su participación en la estructura de capital.

De manera general, el cálculo responde a la siguiente expresión:

**Tasa de descuento** = (Costo de la deuda × Proporción de deuda) + (Costo del capital propio × Proporción de capital propio)

**Donde:**

- El costo de la deuda corresponde a los intereses que la organización paga por sus préstamos.
- La proporción de la deuda refleja su peso dentro del financiamiento total.
- El costo del capital propio representa la rentabilidad que los accionistas esperan obtener por su inversión.
- La proporción de capital propio indica su participación dentro de la estructura de financiamiento.

En la práctica, la estimación del WACC puede ser compleja, ya que existen distintos enfoques y modelos para definir los costos de la deuda y del capital, dependiendo del contexto y características de cada empresa. (liebrecapital, s.f.)

### **2.3.7.3 Factores que influyen en la tasa de descuento**

La tasa de descuento no es un valor fijo, sino que depende de diversos elementos asociados al entorno económico y al nivel de riesgo del proyecto. Entre los más relevantes se encuentran:

**Riesgo de la inversión:** a mayor incertidumbre sobre los resultados, se establece una tasa de descuento más alta.

**Inflación:** al disminuir el poder adquisitivo del dinero con el paso del tiempo, se incorpora en la estimación para reflejar su efecto en los flujos futuros.

**Tasa libre de riesgo:** corresponde al rendimiento esperado de inversiones seguras, y se utiliza como referencia en el cálculo.

**Plazo del proyecto:** cuanto más extenso sea el horizonte temporal para recibir los flujos de caja, mayor suele ser la tasa aplicada.

**Tasa de crecimiento esperada:** un mayor potencial de expansión puede justificar una reducción en la tasa de descuento aplicada. (liebrecapital, s.f.)

#### 2.3.7.4 Importancia de la tasa de descuento

La tasa de descuento cumple una función esencial en la valoración de proyectos de inversión, ya que posibilita comparar alternativas y estimar su rentabilidad esperada. Con ella se calculan indicadores financieros clave como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

**Valor Actual Neto (VAN):** Este indicador determina el valor presente de los flujos de caja futuros de un proyecto, descontando la inversión inicial. Si el resultado es positivo, significa que el proyecto genera valor; en cambio, un valor negativo sugiere que no resulta conveniente.

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** Corresponde a la tasa de descuento que hace que el VAN se iguale a cero. Una TIR que supera el costo de capital de la empresa se interpreta como un proyecto rentable y atractivo para ejecutar. (liebrecapital, s.f.)

### 2.3.8 Que es el Valor Actual Neto (VAN)

#### 2.3.8.1 Concepto:

El Valor Actual Neto (VAN), también denominado Valor Presente Neto (VPN), consiste en comparar la inversión inicial de un proyecto con el valor actualizado de los flujos de caja que este generará en el futuro. Cuando el cálculo arroja un resultado positivo, significa que el proyecto crea valor y, por lo tanto, se considera financieramente viable.

“Basta con hallar el VAN de un proyecto de inversión para saber si este es rentable y, por tanto, viable.” (CN, 2023)

El Valor Actual Neto (VAN) no solo permite determinar si un proyecto de inversión es rentable, sino que también facilita la comparación entre distintas alternativas para identificar cuál genera mayor valor y, en consecuencia, resulta más atractivo. De igual manera, puede emplearse en procesos de compraventa de negocios: al calcular el VAN, es posible evaluar si el precio ofrecido por un tercero supera o no el beneficio esperado en caso de mantener la operación en marcha. (CN, 2023)

### 2.3.8.2 Parámetros que se deben tener en cuenta en el VAN

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) considera diversos componentes esenciales:

**Inversión inicial:** Corresponde al desembolso que el inversionista debe realizar al inicio para poner en marcha el proyecto.

**Aportes posteriores:** En algunos casos, al monto inicial se le suman nuevas inversiones a lo largo del desarrollo de la iniciativa.

**Flujo neto de efectivo:** Se refiere a los beneficios o ingresos generados por la actividad productiva del proyecto.

**Tasa de oportunidad:** Indica el porcentaje de descuento que permite expresar en términos presentes los flujos de caja futuros.

**Horizonte temporal:** Es el período durante el cual la inversión produce retornos; normalmente se mide en ejercicios o años. (camara Madrid, 2023)

### 2.3.8.3 Como se calcula el VAN

El Valor Actual Neto (VAN) puede obtenerse a partir de una fórmula básica que lo define como la diferencia entre el Beneficio Neto Actualizado (BNA) y la inversión inicial:

### **Valor Actual Neto (VAN) = Beneficio Neto Actualizado - Inversión Inicial**

El Beneficio Neto Actualizado (BNA) representa el valor presente de los flujos de caja que se esperan en el futuro, una vez aplicados los factores de descuento. Dicho cálculo permite estimar cuánto valen hoy los ingresos que se recibirán más adelante, considerando el efecto del costo de oportunidad. En este sentido, la tasa de descuento actúa como el parámetro que traduce los beneficios futuros en términos actuales, reflejando así su verdadera equivalencia económica. (camara Madrid, 2023)

En la siguiente imagen se representa la fórmula VAN. Con el detalle de los elementos que componen la misma:

*Ilustración 11 Fórmula Valor actual Neto VAN*

**Valor Actual Neto (VAN)**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

**VAN** = Valor Actual Neto  
**V<sub>t</sub>** = representa los flujos de caja en cada periodo de tiempo  
**I<sub>0</sub>** = valor del desembolso inicial de la inversión  
**n** = es número de periodos considerado  
**k** = es es tipo de interés

www.mba-madrid.com

Fuente: (camara Madrid, 2023)

#### **2.3.8.4 Como se interpreta el VAN**

El Valor Actual Neto (VAN) puede analizarse de acuerdo con el signo del resultado obtenido:

**VAN > 0:** indica que los flujos descontados superan el monto de la inversión inicial, lo que significa que el proyecto genera valor adicional y, por tanto, se considera rentable.

**VAN = 0:** refleja que los ingresos actualizados son exactamente equivalentes al capital invertido, por lo que la iniciativa no produce ni pérdidas ni ganancias. En estos casos, la decisión de llevarla a cabo dependerá de otros factores estratégicos, como el posicionamiento en el mercado o los beneficios esperados en el largo plazo.

**VAN < 0:** señala que el valor presente de los ingresos no alcanza a cubrir la inversión inicial, lo cual evidencia que el proyecto no es viable desde el punto de vista financiero. (camara Madrid, 2023)

#### **2.3.8.5 Riesgos del VAN como herramienta para decidir una inversión**

Si bien el Valor Actual Neto (VAN) es un indicador ampliamente utilizado, su aplicación presenta ciertos riesgos y limitaciones. En primer lugar, los resultados dependen de supuestos sobre el comportamiento futuro de los ingresos, los cuales pueden no cumplirse, especialmente si las amenazas o riesgos identificados en el análisis estratégico llegan a materializarse. Por ello, es común que se elaboren varios escenarios optimista, pesimista y probable, cada uno con distinta probabilidad de ocurrencia, a fin de obtener una visión más realista de los posibles resultados.

Asimismo, factores externos como cambios en las condiciones económicas o en el horizonte temporal del proyecto pueden hacer que la tasa de descuento utilizada inicialmente no sea la más adecuada. Por estas razones, el VAN no debe considerarse como la única herramienta de

decisión, sino que debe complementarse con otros métodos de evaluación financiera y con un análisis integral de las condiciones del entorno. (camara Madrid, 2023)

### **2.3.9 Circulo de Deming**

#### **2.3.9.1 Concepto**

El ciclo de Deming, también denominado círculo de Deming, es un enfoque de gestión de carácter iterativo cuyo objetivo principal es promover la mejora continua en los procesos, productos o servicios de una organización. Para lograr su efectividad, es fundamental que tanto la alta dirección como el personal adopten una cultura orientada al perfeccionamiento constante.

Esta mentalidad de mejora continua constituye la base para alcanzar incrementos sostenidos en eficiencia y productividad. La aplicación del modelo comienza con la identificación de áreas susceptibles de optimización y con la formulación de objetivos concretos que guíen las acciones de mejora. (Corvo, 2020)

#### **2.3.9.2 Etapas del círculo de Deming**

##### **Planificar**

La etapa de planificación comienza con un análisis diagnóstico del proceso, cuyo propósito es comprender la situación actual, identificar las causas raíz de los problemas y definir posibles alternativas de mejora. En este punto resulta esencial establecer los resultados esperados, de manera que las acciones se orienten hacia metas específicas y medibles. Desde el punto de vista operativo, esta fase incluye dos momentos principales: primero, la delimitación clara del problema y de su contexto; y segundo, el diseño de un plan de acción que detalle las modificaciones requeridas junto con la estrategia de implementación. (Corvo, 2020)

**Hacer:**

En esta etapa se lleva a la práctica lo establecido durante la planificación, comenzando habitualmente con pruebas piloto o implementaciones a pequeña escala antes de extender los cambios a todo el proceso. La ejecución implica no solo aplicar las acciones definidas, sino también dar seguimiento cercano a su desarrollo, registrando de manera ordenada los datos vinculados con la estrategia aplicada. Esta recopilación sistemática de información resulta esencial para valorar posteriormente si las modificaciones realizadas cumplen con los objetivos planteados. (Corvo, 2020)

**Verificar:**

Una vez concluido un período de aplicación, se cuenta con información suficiente para valorar el efecto del cambio introducido en relación con el problema identificado. Dicha evidencia debe examinarse de manera rigurosa y contrastarse con los resultados esperados, a fin de detectar coincidencias, diferencias y posibles desviaciones. El análisis de los indicadores definidos permite confirmar la efectividad del plan, resaltar los avances obtenidos y reconocer aquellos aspectos que aún requieren ajustes o perfeccionamiento. (Corvo, 2020)

**Actuar:**

Si la alternativa aplicada demuestra ser efectiva y genera los beneficios esperados, puede institucionalizarse como parte del proceso de manera permanente. En caso contrario, resulta conveniente explorar nuevas alternativas o identificar soluciones más adecuadas. Esta etapa aprovecha el aprendizaje obtenido durante todo el ciclo para redefinir objetivos, ajustar métodos, replantear supuestos o ampliar el alcance de la mejora.

Aunque se considere la fase final, no implica un cierre absoluto. El ciclo está diseñado para repetirse de forma continua, reforzando así la cultura de mejora constante dentro de la organización. (Corvo, 2020)

### **2.3.9.3 Ventajas**

El enfoque repetitivo del ciclo PHVA garantiza una atención constante hacia la mejora de la calidad. Al involucrar a todos los participantes en el proceso, se fomenta un sentido de integración que repercute positivamente en toda la organización.

Otra de sus fortalezas es su amplia aplicabilidad, ya que al estar estructurado en cuatro etapas bien definidas puede adaptarse a múltiples contextos y objetivos. De esta forma, resulta útil tanto en la resolución de problemas de gestión y liderazgo como en procesos de producción y control de calidad.

Asimismo, la metodología permite ensayar a pequeña escala los cambios antes de extenderlos a todo el proceso, lo cual evita inversiones innecesarias en métodos que podrían no funcionar o requerir ajustes. Finalmente, una vez validada la eficacia de la nueva práctica, esta puede implementarse en otras áreas de la empresa, con la seguridad de que aportará los beneficios esperados. (Corvo, 2020)

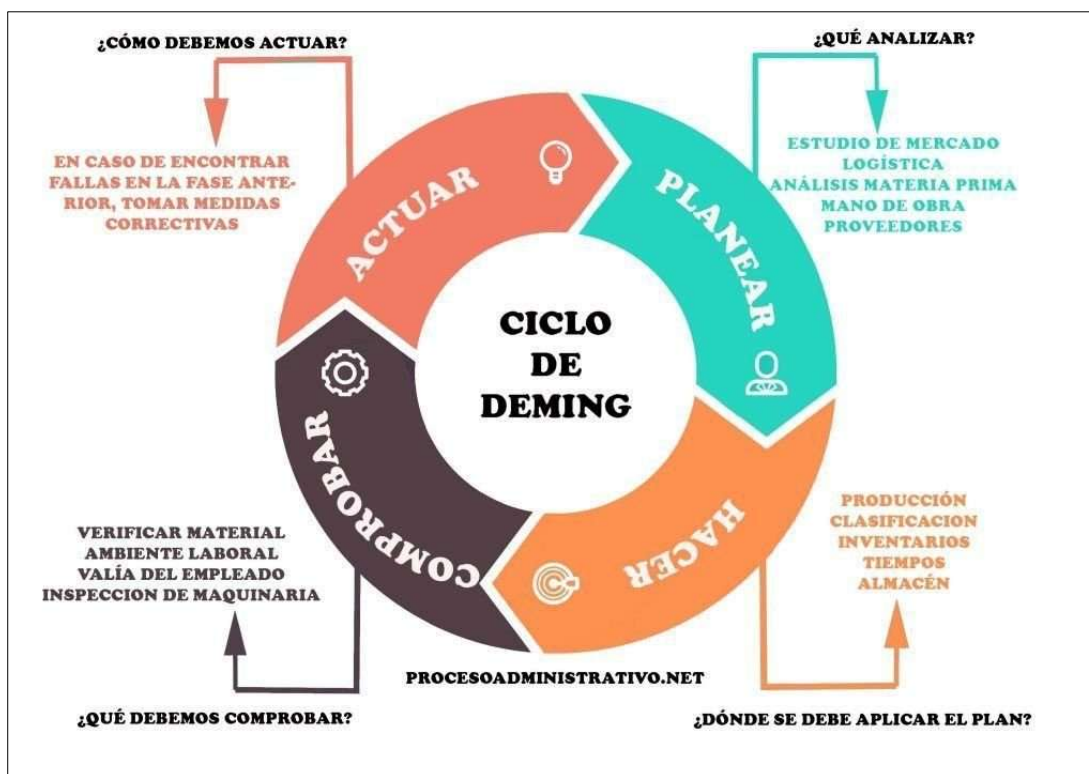
### **2.3.9.4 Desventajas**

Aunque el ciclo PHVA es ampliamente utilizado, presenta ciertas limitaciones en su aplicación práctica. Una de ellas es que su efectividad depende de condiciones relativamente estables, por lo que resulta menos adecuado en contextos donde surgen variables imprevistas durante el desarrollo del proyecto.

Tampoco suele ser el enfoque más conveniente frente a emergencias, ya que los cuatro pasos definidos requieren tiempo y lo convierten en un método más estructurado que otros planes operativos. Esta misma característica puede ocasionar que un proyecto se estanque en las fases iniciales de diagnóstico y análisis, retrasando la acción concreta. El exceso de análisis, en consecuencia, puede frenar la ejecución de mejoras.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta es que, en ocasiones, el proceso llega a valorarse más que los resultados obtenidos. Si bien los procedimientos son importantes, el éxito real de un cambio se refleja en beneficios tangibles para la organización. Finalmente, el fuerte énfasis en el trabajo en equipo puede dificultar la valoración del desempeño individual, lo que complica la evaluación del aporte de cada colaborador. (Corvo, 2020)

Ilustración 12 Circulo de Deming



Fuente: (Corvo, 2020)

### 2.3.10 Estadística Descriptiva

La estadística descriptiva corresponde a una de las ramas de la estadística que se ocupa de organizar y resumir los datos obtenidos en un estudio, con el propósito de facilitar su interpretación. Su función es condensar la información de un conjunto de observaciones mediante indicadores numéricos, tablas o representaciones gráficas.

Por ejemplo, se puede emplear para representar las frecuencias de una muestra a través de un gráfico de barras, o bien calcular parámetros como la media, la mediana, la desviación estándar y otras medidas que permitan describir de manera sintética el comportamiento de los datos analizados. (Probabilidad y estadística, s.f.)

#### 2.3.10.1 Medidas estadísticas descriptivas

Las medidas estadísticas descriptivas son parámetros que permiten resumir y caracterizar un conjunto de datos. Se obtienen mediante cálculos aplicados sobre una muestra y proporcionan información que facilita su interpretación.

Estas medidas suelen clasificarse en cuatro grupos principales:

**Las medidas de tendencia central:** Reflejan valores representativos del centro de los datos

**Las medidas de dispersión:** Indican el grado de variabilidad entre las observaciones.

**Las medidas de posición:** Describen la ubicación relativa de un valor dentro de la distribución.

**Las medidas de forma:** Que permiten conocer el perfil o estructura de una distribución de probabilidad sin necesidad de representarla gráficamente. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.11 Distribución estadística**

La distribución estadística constituye un concepto fundamental en las matemáticas y la estadística, ya que describe la forma en que los valores de una variable se presentan dentro de una muestra o población. En términos simples, indica qué valores son más frecuentes y cuáles aparecen con menor regularidad.

En esencia, una distribución muestra el grado de variabilidad de una variable, es decir, cómo se dispersan sus datos alrededor de un valor central. Este comportamiento puede estudiarse a través de medidas como la media, la mediana y la moda, que permiten identificar la tendencia central del conjunto. (SaberyPunto, s.f.)

#### **2.3.11.1 Definición y conceptos básicos**

La distribución estadística se fundamenta en la teoría de la probabilidad, la cual estudia la ocurrencia de sucesos aleatorios. Puede entenderse como una función matemática que asigna una probabilidad a cada posible valor de una variable aleatoria.

Entre los conceptos clave asociados se encuentran:

La variable aleatoria, que puede asumir distintos valores con cierta probabilidad; la distribución de probabilidad, entendida como la función que asigna esas probabilidades.

La función de distribución acumulativa, que expresa la probabilidad de que la variable adopte un valor menor o igual a un límite específico.

La densidad de probabilidad, que permite estimar la probabilidad de que la variable tome valores dentro de un intervalo determinado.

Existen diversos tipos de distribuciones estadísticas, cada una con características y aplicaciones particulares, tales como la normal, la binomial o la de Poisson, que se utilizan en áreas como la medicina, la economía o la física. Comprender estos conceptos resulta esencial para aplicar la estadística de manera adecuada en distintos campos y respaldar la toma de decisiones. (SaberyPunto, s.f.)

### **2.3.11.2 Características de las distribuciones**

Una de las propiedades más relevantes es la forma, que hace referencia al patrón que adoptan los valores en la representación gráfica. Según su disposición, las distribuciones pueden clasificarse como simétricas o asimétricas, así como unimodales o multimodales.

Otra característica es la localización, que indica la posición de la distribución en el eje horizontal y se resume a través de medidas de tendencia central como la media, la mediana o la moda. También resulta fundamental la dispersión, entendida como el grado de variabilidad de los datos, la cual se cuantifica mediante indicadores como la varianza o la desviación estándar.

La asimetría describe el grado de simetría o desviación de la distribución respecto a su media, mientras que la curtosis refleja el nivel de concentración de los valores en torno al centro, clasificándose en mesocúrtica, leptocúrtica o platicúrtica. En conjunto, estas propiedades, forma, localización, dispersión, asimetría y curtosis constituyen elementos clave para el análisis estadístico y su aplicación práctica en diferentes campos. (SaberyPunto, s.f.)

### **2.3.11.3 Parámetros de una distribución estadística**

Los parámetros de una distribución constituyen elementos esenciales para describir su comportamiento y características principales.

Entre los más utilizados se encuentran:

**Media ( $\mu$ ):** representa la medida de tendencia central más común y se obtiene dividiendo la suma de todos los valores entre el número total de observaciones.

**Moda:** corresponde al valor que aparece con mayor frecuencia dentro de la distribución.

**Mediana (M):** señala el punto central de la distribución, de manera que la mitad de los valores quedan por debajo y la otra mitad por encima, una vez ordenados.

**Desviación estándar ( $\sigma$ ):** es un indicador de dispersión que refleja cuánto se alejan los datos respecto a la media.

**Varianza ( $\sigma^2$ ):** mide la variabilidad de los datos, expresando el promedio de las desviaciones al cuadrado respecto a la media.

**Asimetría ( $Sk$ ):** describe el grado de simetría o sesgo de la distribución en relación con la media.

**Curtosis (K):** indica la forma de la distribución, particularmente si es más aplanada o más concentrada alrededor del promedio.

Estos parámetros resultan indispensables para interpretar adecuadamente el comportamiento de una distribución estadística y para estimar la probabilidad de ocurrencia de determinados valores. (SaberyPunto, s.f.)

#### **2.3.11.4 Importancia de la distribución de datos**

La distribución estadística desempeña un papel esencial en el análisis de datos y en la toma de decisiones, ya que permite comprender cómo se comportan los valores de una variable en un

determinado contexto. Este conocimiento facilita la identificación de patrones, tendencias y posibles anomalías, aportando una base sólida para el análisis y la predicción.

En el ámbito empresarial, por ejemplo, se utiliza para estudiar el comportamiento de los clientes, incluyendo sus hábitos de compra o de pago, lo cual brinda información útil para mejorar la experiencia del consumidor y aumentar su satisfacción. En el campo de la medicina, la distribución estadística se aplica en el análisis de ensayos clínicos con el fin de evaluar la eficacia de tratamientos y apoyar la toma de decisiones sobre recursos y métodos de atención.

Entre sus principales beneficios destacan: la posibilidad de detectar patrones y tendencias en los datos; la capacidad de identificar valores atípicos o comportamientos inesperados; y el apoyo a la predicción de resultados futuros con mayor precisión. En conjunto, estas aplicaciones convierten a la distribución estadística en una herramienta indispensable para fundamentar decisiones informadas en diversas disciplinas. (SaberyPunto, s.f.)

### **2.3.12 Gráficos estadísticos**

Un gráfico estadístico descriptivo es una representación visual que permite resumir la información contenida en un conjunto de datos. Gracias a esta forma de presentación, es posible observar de manera rápida las características principales de la muestra analizada.

En el ámbito de la estadística descriptiva, los gráficos resultan especialmente útiles porque facilitan la interpretación de los datos y permiten identificar conclusiones sin necesidad de recurrir inmediatamente a cálculos numéricos.

En el ámbito de la estadística descriptiva, se emplean diversas representaciones gráficas para resumir y visualizar la información.

Entre las más habituales se encuentran:

**Diagramas de barras:** muestran la frecuencia de los datos mediante rectángulos proporcionales.

**Histogramas:** representan la distribución de los datos agrupados en intervalos de clase.

**Polígonos de frecuencias:** utilizan líneas para unir los puntos medios de los intervalos, facilitando la interpretación de la tendencia.

**Diagramas de dispersión:** permiten observar la relación entre dos variables.

**Gráficos circulares:** expresan proporciones o porcentajes de un conjunto de datos.

**Diagramas de caja (Boxplot):** resumen la información de un conjunto de datos destacando la mediana, los cuartiles y los valores atípicos. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### 2.3.13 Histograma

El histograma es un tipo de gráfico estadístico utilizado para representar un conjunto de datos mediante barras rectangulares, cuya altura refleja la frecuencia con la que se presenta cada intervalo o clase.

Este recurso es especialmente útil para variables continuas, por ejemplo, el peso de una población estudiada, ya que permite observar de manera inmediata la forma de la distribución y detectar patrones en los datos. (Probabilidad y estadística, s.f.)

#### 2.3.13.1 Como hacer un histograma

El histograma se elabora siguiendo una serie de pasos básicos:

En primer lugar, se divide el eje horizontal en intervalos que agrupan los valores de la serie de datos.

Posteriormente, se representan en el eje vertical las frecuencias correspondientes a cada intervalo.

Finalmente, para cada clase se dibuja un rectángulo cuya altura es proporcional a su frecuencia, asegurando que las barras de intervalos consecutivos permanezcan unidas, sin dejar espacios entre ellas. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.13.2 Aplicaciones de un histograma**

Los histogramas son recursos ampliamente utilizados en distintos campos debido a su capacidad para representar datos de manera clara y sencilla. En la investigación científica, por ejemplo, constituyen una herramienta clave para examinar los resultados de estudios y experimentos.

Un caso común es el de un biólogo que emplea un histograma para ilustrar la distribución de un tipo específico de células en muestras biológicas, lo que aporta información relevante para comprender procesos de salud y enfermedad. Gracias a esta representación, los investigadores pueden apreciar la variabilidad de los datos y detectar patrones que resultan útiles para orientar futuros análisis y descubrimientos. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.14 Prueba de normalidad**

Las pruebas de normalidad constituyen procedimientos estadísticos cuyo objetivo es determinar si los datos analizados presentan un comportamiento coherente con una distribución normal. En otras palabras, permiten contrastar si el patrón de los valores observados se ajusta a las características propias de una curva normal.

Su representación gráfica se distingue por la clásica “curva de campana”: la mayoría de los datos se agrupan cerca del valor central, mientras que las probabilidades de observar valores extremos disminuyen de manera simétrica hacia ambos lados. La comprobación de normalidad es especialmente relevante porque numerosos procedimientos estadísticos paramétricos como la prueba t de Student o el análisis de varianza (ANOVA), parten de la suposición de que los datos siguen este tipo de distribución.(learn stadistics, s.f.)

#### **2.3.14.1 Tipos de pruebas**

Existen diversos métodos para comprobar la normalidad de un conjunto de datos, cada uno con características y aplicaciones particulares. Entre los más utilizados se encuentran Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling y la prueba Ji-cuadrado de D’Agostino.

La prueba de Shapiro-Wilk destaca por su elevada potencia y eficacia cuando se trabaja con muestras pequeñas. En contraste, Kolmogorov-Smirnov realiza la comparación entre la distribución empírica de la muestra y la distribución acumulada teórica de una normal. Cada una de estas pruebas presenta ventajas y limitaciones, por lo que la selección adecuada depende tanto del tamaño muestral como de las propiedades específicas de los datos analizados. (learn stadistics, s.f.)

#### **2.3.14.2 Prueba Anderson Darling**

La prueba de Anderson-Darling constituye una variante mejorada de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con la particularidad de asignar mayor relevancia a los valores de las colas de la distribución. Esto la convierte en una herramienta eficaz para detectar desviaciones respecto a la normalidad en esas zonas, aspecto clave en áreas como la gestión del riesgo y el control de calidad.

El estadístico de la prueba se obtiene a partir de las diferencias entre la distribución empírica de los datos y la distribución normal teórica. En este contexto, un valor bajo del estadístico indica un ajuste más cercano a la normalidad, mientras que el valor p asociado permite evaluar la significancia de los resultados. (learn stadistics, s.f.)

#### **2.3.14.3 Prueba de K-cuadrado de D'Agostino**

La prueba K-cuadrado de D'Agostino es un procedimiento diseñado para evaluar la normalidad de una muestra a partir del análisis conjunto de la asimetría y la curtosis. La asimetría refleja el grado de desviación de la distribución respecto a la simetría, mientras que la curtosis permite valorar el comportamiento de las colas de la distribución. Ambas medidas se combinan en una única estadística, la cual se contrasta con una distribución chi-cuadrado para obtener el valor p. Si dicho valor resulta inferior al nivel de significancia establecido, se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esta prueba suele ser especialmente adecuada en muestras grandes, ya que ofrece una visión más integral sobre la conformidad de los datos con la distribución normal. (learn stadistics, s.f.)

#### **2.3.14.4 Importancia de las pruebas de normalidad**

Las pruebas de normalidad cumplen una función esencial dentro del análisis estadístico, especialmente cuando se aplican métodos paramétricos que requieren como supuesto la normalidad de los datos. En caso de que este supuesto no se cumpla, los resultados de dichas pruebas pueden carecer de validez o llevar a conclusiones erróneas.

Al aplicar pruebas de normalidad, los investigadores pueden seleccionar con mayor criterio las técnicas estadísticas que corresponden al comportamiento real de los datos. Si se determina que la distribución no es normal, es posible recurrir a métodos no paramétricos como la

prueba U de Mann-Whitney o la prueba de Kruskal-Wallis, que permiten analizar la información sin necesidad de asumir la normalidad. (learn statistics, s.f.)

#### **2.3.14.5 Interpretación de una prueba de normalidad**

La interpretación de una prueba de normalidad exige comprender tanto la estadística obtenida como el valor p asociado. Un resultado significativo ( $p < 0,05$ ) indica que los datos presentan desviaciones respecto a la normalidad, mientras que un valor no significativo sugiere que la muestra podría ajustarse a una distribución normal.

No obstante, es importante tener en cuenta factores como el tamaño de la muestra, ya que en poblaciones grandes incluso pequeñas desviaciones pueden producir valores p significativos. Por esta razón, se recomienda complementar las pruebas formales con métodos visuales como histogramas o gráficos QQ que aporten una visión más integral sobre el comportamiento de los datos. (learn statistics, s.f.)

#### **2.3.14.6 Limitaciones de la prueba de normalidad**

Aunque las pruebas de normalidad constituyen un recurso útil en el análisis estadístico, presentan ciertas limitaciones que deben considerarse. Una de ellas es su baja potencia en muestras pequeñas, lo que puede generar falsos negativos y dificultar la detección de desviaciones respecto a la normalidad. Asimismo, estos procedimientos son sensibles a la presencia de valores atípicos, los cuales pueden alterar los resultados y conducir a interpretaciones erróneas.

Es importante señalar que la normalidad no siempre es un requisito indispensable, ya que existen métodos estadísticos robustos capaces de trabajar con datos que no cumplen estrictamente este supuesto. Por ello, las pruebas de normalidad deberían entenderse como un

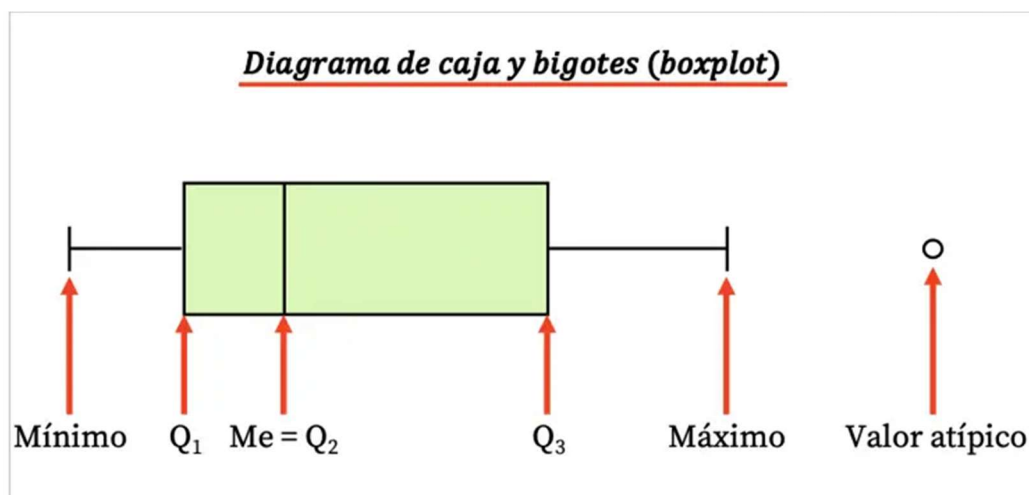
complemento dentro de una estrategia analítica más amplia y no como el único criterio para decidir la validez de un análisis. (learn statistics, s.f.)

### 2.3.15 Gráfico de cajas

El diagrama de caja y bigotes, también conocido como boxplot, es una representación gráfica que resume un conjunto de datos a partir de sus cuartiles. Su utilidad principal radica en que permite identificar de manera rápida la dispersión de los datos, mostrando la mediana, los cuartiles, los valores extremos y la presencia de posibles atípicos.

La estructura del gráfico está compuesta por una caja rectangular y dos líneas que se extienden a partir de ella. Los bordes de la caja corresponden al primer y al tercer cuartil ( $Q_1$  y  $Q_3$ ), mientras que la línea central indica la mediana o segundo cuartil ( $Q_2$ ). Los bigotes representan los valores mínimo y máximo de la serie, y los puntos que se ubican fuera de este rango se consideran valores atípicos, es decir, observaciones que se apartan significativamente del resto de los datos y que pueden deberse a errores de medición o a situaciones particulares que conviene analizar.

Ilustración 13 Gráfico de Cajas



Fuente: (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.15.1 Como hacer un gráfico de cajas**

El diagrama de caja y bigotes se elabora a partir de una serie de pasos secuenciales:

Primero se ordenan los datos de la muestra.

Luego se determinan los cuartiles (Q1, Q2 y Q3). El primer y el tercer cuartil conforman los límites de la caja, mientras que la mediana (Q2) se representa con una línea dentro de ella.

Se calcula el rango intercuartílico (IQR), definido como la diferencia entre Q3 y Q1:  $IQR = Q3 - Q1$ .

A continuación, se establecen los valores límite inferior (LI) y superior (LS), aplicando las fórmulas:  $LI = Q1 - 1,5 \times IQR$  y  $LS = Q3 + 1,5 \times IQR$ .

Los valores que se encuentren por debajo de LI o por encima de LS se consideran atípicos y se representan como puntos fuera de los bigotes.

Finalmente, los bigotes se extienden hasta el valor mínimo y máximo que se encuentran dentro del rango definido por LI y LS, marcando los extremos de la distribución. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.15.2 Para que sirve un diagrama de cajas**

El diagrama de caja y bigotes resulta especialmente útil porque permite identificar de manera visual medidas estadísticas clave, como los cuartiles, el rango intercuartílico, la mediana, los valores extremos y la presencia de posibles atípicos. De esta forma, facilita una interpretación rápida de la distribución de los datos.

Asimismo, este tipo de gráfico posibilita analizar la simetría de la muestra. Si la línea de la mediana aparece desplazada respecto al centro de la caja, se infiere que la distribución no es simétrica. Otra aplicación frecuente se encuentra en el ámbito financiero, donde los boxplots se utilizan para representar la variación en el precio de una acción a lo largo de un periodo determinado. Esta representación ayuda a visualizar los valores máximos, mínimos e intermedios en poco tiempo, lo que favorece la toma ágil de decisiones. (Probabilidad y estadística, s.f.)

### **2.3.16 Gráfico de intervalos**

En la teoría de grafos, un grafo de intervalos es un grafo no dirigido que se construye a partir de un conjunto de intervalos definidos en la recta real. Cada intervalo se representa como un vértice y se establece una arista entre dos vértices cuando los intervalos correspondientes se solapan. En otras palabras, este tipo de grafo refleja las intersecciones entre intervalos.

Los grafos de intervalos pertenecen a las familias de los grafos cordales y de los grafos perfectos. Una de sus ventajas es que pueden reconocerse en tiempo lineal, lo que permite también determinar en ese mismo orden de complejidad una coloración óptima del grafo o identificar una camarilla máxima. Entre sus variantes se encuentran los grafos de intervalos propios, definidos de manera similar, pero utilizando intervalos unitarios.

Las aplicaciones de este tipo de grafos son diversas: se han empleado en la modelización de redes tróficas, en la resolución de problemas de planificación de tareas sin coincidencia temporal, en el ensamblaje de secuencias contiguas en el mapeo de ADN y en el análisis de relaciones temporales en distintos contextos. (Academia Lab, s.f.)

### 2.3.17 Gráfico de Dispersión

La dispersión se entiende como el grado en que los valores de un conjunto de datos se alejan de su media. A partir de este concepto surgen distintas medidas de dispersión, tales como el rango, la varianza, la desviación estándar, la covarianza o el coeficiente de correlación, entre otras.

El diagrama de dispersión también denominado gráfico de correlación es una herramienta que permite representar gráficamente la relación entre dos variables dentro de un conjunto de datos. En este tipo de representación, cada par de valores se ubica como un punto en el plano cartesiano, y la disposición de los puntos revela si existe o no una correlación entre las variables y cuál es su intensidad. (Ingenio Empresa, s.f.)

#### 2.3.17.1 Tipos de Correlación

Según el comportamiento que adopten las variables analizadas, es posible distinguir tres tipos principales de correlación:

**Correlación positiva:** se da cuando ambas variables se mueven en la misma dirección; es decir, si una aumenta, la otra también lo hace, y si una disminuye, la otra tiende a descender.

Ejemplo: un vendedor de automóviles, al incrementar el número de unidades vendidas (variable 1), obtiene mayores ingresos (variable 2).

**Correlación negativa:** ocurre cuando las variables presentan un comportamiento inverso; en este caso, el aumento de una implica la reducción de la otra. Ejemplo: en la construcción de un edificio, a mayor cantidad de trabajadores contratados (variable 1), menor es el tiempo necesario para finalizar la obra (variable 2).

**Correlación nula:** se presenta cuando no existe un patrón de relación entre las variables, por lo que el cambio en una de ellas no guarda relación con la otra.

Además de esta clasificación básica, es posible analizar la correlación desde una perspectiva cuantitativa, evaluando la intensidad de la relación, ya sea débil, moderada o fuerte.

(Betancourt, 25)

### **2.3.17.2 Coeficiente de correlación en un diagrama de dispersión**

El coeficiente de correlación, representado por la letra  $r$ , indica tanto el sentido como la intensidad de la relación entre dos variables. Su valor numérico permite determinar si la correlación es positiva o negativa, así como evaluar si la relación es fuerte, moderada o débil:

**$r = 1$ :** existe una correlación positiva perfecta. El incremento de una variable implica un aumento proporcional en la otra, de manera que todos los puntos se alinean exactamente en una recta ascendente.

**$0 < r < 1$ :** corresponde a una correlación positiva de distinta intensidad. Cuanto más próximo se encuentre a 1, más fuerte será la relación; en cambio, valores cercanos a 0 reflejan una correlación débil.

**$r = 0$ :** indica ausencia de relación lineal entre las variables, aunque podrían existir otras formas de asociación no captadas por este coeficiente.

**$-1 < r < 0$ :** señala una correlación negativa, en la cual un aumento en una variable implica una disminución en la otra. La fuerza de la relación depende de la cercanía al valor -1.

**$r = -1$** : se interpreta como una correlación negativa perfecta, donde las variables evolucionan en direcciones opuestas de forma proporcional y todos los puntos se alinean en una recta descendente. (Ingenio Empresa, s.f.)

### **2.3.17.3 Como hacer un gráfico de dispersión**

Para realizar un diagrama de dispersión y evaluar la relación entre dos variables, se recomienda seguir las siguientes etapas:

**Identificar el problema:** En primer lugar, es necesario comprender la situación que se desea analizar, ya que de ello depende la selección adecuada de las variables.

**Definir las variables:** Se eligen las variables de estudio con base en la posible relación existente entre ellas, lo cual permitirá caracterizar mejor la situación.

**Recolectar datos:** se recopilan los valores correspondientes a ambas variables dentro de un mismo período de tiempo para garantizar la coherencia del análisis.

**Representar en el plano cartesiano:** se ubica la variable independiente en el eje x y la variable dependiente en el eje y, graficando cada par de valores como un punto.

**Calcular el coeficiente de correlación:** el grado de asociación entre las variables puede determinarse a través del coeficiente de correlación, que se obtiene dividiendo la covarianza entre el producto de las desviaciones estándar de ambas variables. Actualmente, programas como Excel facilitan este cálculo de manera automática.

**Interpretar:** finalmente, a partir del gráfico y del valor del coeficiente, se analiza la dirección y la intensidad de la relación, lo cual sirve como base para la toma de decisiones. (Ingenio Empresa, s.f.)

## 2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes

Diversos estudios y experiencias previas respaldan la necesidad de mejorar los procesos de abastecimiento de combustible en empresas de transporte, así como la pertinencia de aplicar metodologías de gestión como Lean Six Sigma para optimizar la logística.

En primer lugar, investigaciones recientes han explorado el uso de sensores no invasivos y sistemas de geolocalización para el control del consumo de combustible, lo que permite tomar decisiones en tiempo real y mejorar la trazabilidad del proceso. (www.scioteca.caf.com, s.f.)

Este trabajo demuestra la relevancia de contar con registros confiables para evaluar el desempeño energético en flotas de transporte.

Asimismo, la aplicación de Lean Six Sigma en logística ha mostrado resultados significativos en la reducción de costos, la mejora de la puntualidad en entregas y la estandarización de procesos. Estudios de caso en empresas de transporte y distribución han evidenciado incrementos en la productividad y una disminución en la variabilidad operativa gracias al uso de estas herramientas (Ctscafé. , 2022)

En el ámbito nacional, aunque los estudios específicos sobre abastecimiento de combustible en Costa Rica son limitados, se han desarrollado proyectos enfocados en la **optimización del transporte y la reducción de tiempos de entrega**, particularmente en sectores sensibles como el de dispositivos médicos. Por ejemplo, un plan de gestión desarrollado en Costa Rica enfatiza la importancia de protocolos claros y herramientas de control para garantizar entregas oportunas y trazables en cadenas logísticas críticas (Revista BILO, 2021)

En conjunto, estos antecedentes refuerzan que la propuesta de este proyecto que consiste en mejorar el proceso de abastecimiento, acompañado por indicadores de desempeño y opciones

para mejorar la infraestructura interna no surge de manera aislada, sino que responde a una tendencia validada en la literatura y en experiencias prácticas en Latinoamérica y Costa Rica.

### **3. Capitulo III Metodología del Trabajo**

### **3.1 Metodología para la definición del problema**

El abastecimiento de combustible representa uno de los principales costos operativos en empresas dedicadas al transporte de carga pesada, como es el caso de Transportes Billy del Caribe. Aunque el precio por litro está regulado a nivel nacional, el proceso interno asociado al abastecimiento presentó oportunidades de mejora que pueden influir significativamente en la rentabilidad de la empresa.

Entre las principales situaciones que se identificaron se encuentra: desvíos no planificados en las rutas para abastecerse, ausencia de planificación estratégica en el suministro de combustible, falta de control individual de consumo por unidad o conductor, tiempos muertos generados por paradas no programadas y la carencia de indicadores para monitorear el rendimiento del combustible.

La combinación de estos factores contribuyó a un uso ineficiente del recurso energético, afectando la programación de entregas. Por esta razón, se hizo necesario analizar el proceso de abastecimiento desde una perspectiva integral, que abarque desde la planificación, ejecución y control del consumo, hasta la evaluación de estrategias logísticas que permitan una gestión más eficiente.

Para la definición de este problema se utilizaron metodologías como entrevistas, observación directa y revisión documental, las cuales permitieron obtener información cualitativa y cuantitativa confiable. Estas acciones sirvieron para describir de forma clara el problema, generando una base sólida que permitirá definir qué aspectos medir y cómo avanzar hacia las siguientes fases del proyecto.

### 3.1.1 Definición del problema

En esta etapa se aplicó la fase Definir de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con el propósito de estructurar de manera clara y objetiva la problemática identificada en el proceso de abastecimiento de combustible de la empresa Transportes Billy del Caribe.

Esta fase incluyó las siguientes actividades:

- **Identificación del problema:** Se determinó que el proceso actual de abastecimiento de combustible presenta desviaciones que afectan la programación de entregas, tales como rutas no planificadas, tiempos muertos por paradas innecesarias, ausencia de controles de consumo por unidad y falta de indicadores para evaluar el desempeño operativo.
- **Definición de objetivos:** Se establecieron los propósitos del proyecto, centrados en aumentar en un 10% el porcentaje de entregas realizadas en el tiempo programado, mediante la identificación y corrección de ineficiencias en el proceso.
- **Identificación de clientes internos y externos:** Se analizaron los actores que influyen o son afectados por el proceso, incluyendo conductores, personal operativo, clientes de la empresa y proveedores de combustible. Su participación es clave para garantizar que las mejoras propuestas sean sostenibles.

### 3.1.2 Herramientas metodológicas utilizadas en la fase de Definir

En la fase Definir del enfoque DMAIC se emplearon herramientas metodológicas que permitieron caracterizar el problema de manera objetiva, delimitando su alcance y estableciendo las bases para las fases siguientes del proyecto.

Para esta etapa se utilizaron:

- Consultas a conductores, que permitieron obtener información sobre hábitos de consumo y prácticas operativas.
- Entrevistas semiestructuradas a personal administrativo, con el fin de conocer su percepción sobre el proceso de abastecimiento y las dificultades reportadas en el control de consumo.
- Observación directa del proceso, identificando tiempos muertos, desvíos y ausencia de controles.
- Revisión documental de registros históricos de consumo y costos, que aportó datos iniciales para contextualizar el problema.

Estas herramientas facilitaron la obtención de información cualitativa clave, sirviendo como punto de partida para las fases de medición y análisis.

### **3.1.3 Justificación y relevancia de las herramientas seleccionadas**

Las herramientas utilizadas en la fase Definir fueron seleccionadas por su capacidad para proporcionar información clara y confiable sobre el problema identificado.

Las consultas a conductores permitieron conocer detalles operativos que no se encuentran en los registros, como hábitos de consumo, tiempos de abastecimiento y dificultades en el seguimiento.

Las entrevistas al personal administrativo brindaron una visión complementaria, aportando información sobre controles internos y procedimientos actuales.

La observación directa permitió identificar de primera mano desviaciones en las rutas y tiempos muertos en el proceso.

La revisión documental de registros históricos proporcionó datos cuantitativos iniciales que sustentan el análisis posterior.

La combinación de estas herramientas permitió construir un diagnóstico preliminar robusto, que servirá de base para la fase de medición, donde se aplicarán técnicas de análisis más detalladas.

*Tabla 1 Actividades y Herramientas fase definir*

Objetivos Específicos	Actividades	Herramienta	Descripción de la actividad	Plazo estimado	Responsable
Recolección de datos iniciales	Levantamiento de información del proceso actual.	Entrevistas semiestructuradas, observación directa, revisión documental.	Recopilación de información sobre el proceso a investigar mediante entrevistas a conductores y personal administrativo, observación del proceso y revisión de registros históricos,	1 semana	Ingeniero del proyecto con apoyo de Gerencia de Operaciones
Definir el alcance del problema	Análisis de actores y procesos.	Observación directa, revisión documental.	Definición de objetivos del proyecto e identificación de los actores involucrados y áreas afectadas para focalizar el estudio.	3 días	Ingeniero del proyecto y Gerencia General
Identificación de partes interesadas	Identificación y mapeo de actores involucrados	Análisis cualitativo de actores.	Análisis de partes interesadas (conductores, asistentes de despacho, gerentes y proveedores) para comprender su rol e influencia en el proceso.	2 días	Ingeniero del proyecto con apoyo de Gerencia de Operaciones
Preparar la base para fases posteriores	Documentación y consolidación de hallazgos.	Revisión documental y análisis preliminar.	Consolidación de hallazgos iniciales para definir qué aspectos serán medidos y evaluados en la siguiente fase del proyecto.	2 días	Ingeniero del proyecto con Gerente Financiero y Asistentes de Facturación

Fuente: Elaboración propia

### **3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto**

La fase Medir de la metodología DMAIC tiene como propósito establecer un sistema de medición que permita caracterizar el problema mediante datos cuantitativos, asegurando que el análisis posterior se base en información confiable y verificable.

Para esta etapa se definieron los indicadores clave de desempeño (KPI) que permitirán evaluar el comportamiento actual del proceso y el impacto de las futuras mejoras:

- Costo de combustible por kilómetro recorrido, como indicador de eficiencia en el uso del recurso energético.
- Porcentaje de entregas realizadas en el tiempo programado, como medida de desempeño logístico.

### **3.2.1 Sistema de medición y plan de recolección de datos**

El sistema de medición se fundamentó en la recopilación de datos provenientes de registros históricos, bitácoras de abastecimiento, reportes operativos y observaciones en campo. Estos datos se organizaron en hojas de verificación que permitieron consolidar la información de manera ordenada.

El plan de recolección contempla:

- **Período de análisis:** datos históricos del año 2023-2024
- **Frecuencia:** recopilación mensual y consolidación trimestral para establecer tendencias.
- **Fuentes:** sistemas internos de control de combustible, reportes de flota y seguimiento de entregas.

### **3.2.2 Herramientas Utilizadas en la fase de medición**

Durante esta fase se aplicaron las siguientes herramientas:

- Hojas de verificación y bases de datos: las cuales sirvieron como punto de partida para el registro y organización de datos históricos de consumo, costos y entregas.

- Diagrama SIPOC: permitió mapear el proceso de abastecimiento, identificando proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, estableciendo los puntos de control donde se tomarán las mediciones.
- Diagrama de Procesos: se utilizó para describir en detalle el flujo actual, permitiendo visualizar etapas críticas y cuellos de botella.
- Diagrama de Pareto: sirvió para priorizar los factores que generan mayor impacto en el cumplimiento de entregas, enfocando los esfuerzos de análisis en los elementos críticos.
- Diagrama de Ishikawa (4P): aunque se desarrollará con mayor detalle en la fase de Análisis, se utilizó preliminarmente para clasificar causas en Políticas, Procesos, Personas y Planta/Tecnología.

### **3.2.3 Aseguramiento de precisión y confiabilidad de datos**

Para garantizar la validez de la información, se verificó que los datos utilizados provienen de registros históricos oficiales de la empresa, tales como reportes de flota, bitácoras de abastecimiento y registros contables de combustible.

La fase de Medición concluye con la planificación detallada de las actividades necesarias para recolectar y organizar los datos del proceso. En la siguiente tabla se resumen los procedimientos que se implementaron, las herramientas que facilitaron la obtención de información cuantitativa, así como los plazos y responsables definidos para garantizar una medición precisa. Este resumen de actividades permitió establecer la línea base de los indicadores clave y dejar preparado el escenario para el análisis en la fase posterior.

Tabla 2 Actividades y Herramientas fase Medir

Objetivos Específicos	Actividades	Herramienta	Descripción de la actividad	Plazo estimado	Responsable
Recolectar datos confiables	Revisión de registros históricos y bitácoras de abastecimiento	Revisión documental, hojas de verificación	Recopilación de datos de consumo de combustible y costos, así como reportes de cumplimiento de entregas, para construir la base de análisis.	1 semana	Ingeniero del proyecto / Área Administrativa
Establecer la línea base de KPIs	Cálculo de indicadores clave	Fórmulas de consumo y cumplimiento	Cálculo de KPI: costo por kilómetro recorrido y porcentaje de entregas a tiempo, obteniendo valores de referencia para el análisis posterior.	3 días	Ingeniero del proyecto / Gerente Financiero
Mapear el proceso para identificar puntos de control	Elaboración de mapa detallado del proceso	Diagrama SIPOC y Diagrama de Procesos	Representación del proceso actual de abastecimiento, identificando proveedores, entradas, actividades, salidas, clientes y puntos de control relevantes.	2 días	Ingeniero del proyecto / Supervisores / Jefe de Taller
Organizar la información para priorizar áreas críticas	Priorización de factores que afectan el desempeño	Diagrama de Pareto	Aplicación de Pareto para determinar los factores que generan mayor impacto en el cumplimiento de entregas y en la eficiencia del proceso.	2 días	Ingeniero del proyecto / Gerente de Operaciones
Clasificar causas preliminares de ineficiencias	Identificación y agrupación de causas	Diagrama de Ishikawa (4P)	Desarrollo de un diagrama de causa-efecto clasificando las causas en Políticas, Procesos, Personas y Planta/Tecnología, estableciendo las bases para el análisis en la fase siguiente.	3 días	Ingeniero del proyecto / Gerencia General

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Metodología para el análisis del problema

La fase Analizar de la metodología DMAIC tiene como objetivo identificar las causas raíz que generan las ineficiencias en el proceso de abastecimiento de combustible, utilizando los datos recolectados en la fase de medición.

En esta etapa se evaluaron los patrones obtenidos en los registros históricos de consumo y costos de combustible, así como la información cualitativa relacionada con el cumplimiento de entregas. El propósito es establecer relaciones de causa-efecto que permitan comprender el origen del problema y enfocar los esfuerzos de mejora.

Para el análisis se aplicaron las siguientes herramientas:

Diagrama de Ishikawa (4P) se utilizó para organizar y clasificar las causas identificadas en cuatro categorías: Procesos, Políticas, Personas y Planta/Tecnología, facilitando la detección de factores críticos que influyen en los retrasos y las desviaciones del proceso.

Resultados del Diagrama de Pareto: los hallazgos obtenidos en la fase de medición se utilizaron como insumo para priorizar las causas que tienen mayor incidencia en el incumplimiento de entregas.

Estas herramientas permitieron priorizar las causas que deben ser atendidas, estableciendo así la base para la fase de mejora.

El análisis se realizará en tres pasos:

Organización de la información recolectada, clasificando los datos y observaciones por variables relevantes (consumo de combustible, tiempos de abastecimiento y cumplimiento operativo).

Identificación de relaciones causa-efecto, apoyándose en el Diagrama de Ishikawa (4P) para agrupar las causas detectadas.

Priorización de causas críticas, considerando los resultados obtenidos con Pareto y las observaciones realizadas durante entrevistas y revisión de procesos.

Como parte del cierre de esta fase, se presenta a continuación la planificación de actividades, las herramientas utilizadas, los plazos y los responsables. Esta estructura permitió aplicar un análisis ordenado que facilitó la identificación de las causas raíz que afectan el desempeño del proceso.

Tabla 3 Actividades y Herramientas fase analizar

Objetivos Específicos	Actividades	Herramienta	Descripción de la actividad	Plazo estimado	Responsable
Organizar los datos recolectados	Clasificación de información obtenida en la fase de medición	Revisión documental y análisis preliminar	Organización de datos históricos y observaciones cualitativas por variables relevantes	2 días	Ingeniero del proyecto / Área Administrativa
Identificar las causas del problema	Agrupación de causas en categorías	Diagrama de Ishikawa (4P)	Aplicación del Diagrama de Ishikawa clasificando las causas en Procesos, Políticas, Personas y Planta/Tecnología	3 días	Ingeniero del proyecto / Gerencia de Operaciones
Priorizar causas críticas	Evaluación de hallazgos relevantes	Resultados del Diagrama de Pareto	Priorización de las causas con mayor impacto en el incumplimiento de entregas, considerando los resultados obtenidos en la fase de medición mediante el análisis Pareto.	2 días	Ingeniero del proyecto / Gerencia General
Consolidar hallazgos para la fase de mejora	Síntesis de causas raíz identificadas	Análisis integrado de datos	Consolidación de hallazgos obtenidos, dejando definidas las causas raíz que serían abordadas en la fase de mejora.	2 días	Ingeniero del proyecto / Gerencia General

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 Metodología de Implementación

La fase de Implementación se definió dentro del enfoque de la metodología DMAIC, apoyada en herramientas de gestión de proyectos que aseguraron una correcta planificación, ejecución y monitoreo de las acciones propuestas.

La fase de implementación se desarrolló en tres etapas principales:

Planificación de la implementación: se elaboró un cronograma mediante el Diagrama de Gantt, definiendo actividades, plazos y recursos necesarios.

Simulación y análisis de tiempos: se desarrolló una simulación teórica con el Diagrama PERT, que permitió estimar la duración de las actividades y establecer la ruta crítica.

Definición de acciones y evaluación económica: se formularon Planes de Acción que describen responsables y recursos requeridos, y se aplicó un Análisis Financiero para evaluar la viabilidad económica del proyecto.

Para finalizar la fase de Implementación, se muestra a continuación una tabla que resume las actividades que se tienen previstas, las herramientas que se van a usar, los tiempos estimados y quiénes serían los responsables. Este plan servirá como guía para llevar a cabo la propuesta de mejora de manera ordenada y asegurando que se logren los resultados esperados.

*Tabla 4 Actividades y Herramientas fase Implementar*

Objetivos Específicos	Actividades	Herramienta	Descripción de la actividad	Plazo estimado	Responsable propuesto
Planificar la implementación	Definición de actividades, recursos y cronograma de trabajo	Diagrama de Gantt	Definición de actividades orden y secuencia de estas para su ejecución	4 días	Ingeniero del proyecto / Gerente de Operaciones
Simular la propuesta de mejora	Modelar escenarios de prueba antes del despliegue	Diagrama PERT	Identificar Actividades dependencias y ruta critica	3 días	Ingeniero del proyecto
Preparar la implementación total	Definición de planes de acción detallados	Planes de acción	Establecer acciones detalladas y asignar responsables y recursos requeridos para una eventual implementación.	3 días	Ingeniero del proyecto / Gerencia General
Evaluar la viabilidad económica de la propuesta	Análisis financiero del proyecto	Análisis financiero	Elaborar estimación de costos y beneficios que respalde la decisión de adopción futura de la propuesta.	3 días	Ingeniero del proyecto / Gerente Financiero

Fuente: Elaboración Propia

### **3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento control y seguimiento de resultados**

La fase de Controlar en la metodología DMAIC se plantea como un sistema metodológico para garantizar que, en caso de implementarse, las mejoras propuestas puedan mantenerse en el tiempo y seguir generando los beneficios esperados.

Para este proyecto se propone utilizar el Ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) como marco de referencia, ya que permite una gestión continua del control:

- Planificar (Plan): definir indicadores, responsables y procedimientos de monitoreo.

- Hacer (Do): aplicar listas de chequeo y cuadros de control para verificar el cumplimiento de las acciones planificadas.
- Verificar (Check): evaluar periódicamente los resultados mediante reportes y análisis de desempeño.
- Actuar (Act): activar planes de acción correctivos en caso de detectar desviaciones o riesgos que afecten la sostenibilidad de las mejoras.

### **3.5.1 Proceso de verificación de resultados**

El proceso de verificación se diseñó para evaluar los indicadores clave definidos en el proyecto (costo de combustible por kilómetro recorrido y porcentaje de entregas realizadas en el tiempo programado). Se prevé su seguimiento mediante reportes de desempeño y listas de chequeo, elaboradas como parte del sistema de control propuesto.

### **3.5.2 Herramientas y mecanismos de control**

- Cuadros de control: mostrarán tendencias y variaciones de los indicadores a lo largo del tiempo.
- Listas de verificación: permitirán confirmar el cumplimiento de los procedimientos estandarizados.
- Planes de acción correctivos: se activarán metodológicamente cuando los valores se alejen de los límites establecidos.

Asimismo, se contempla un cronograma de revisiones periódicas (mensuales y trimestrales) para garantizar que el sistema de control sea efectivo.

### 3.5.3 Roles y seguimiento

El seguimiento estará a cargo de los responsables propuestos, que incluyen al ingeniero de procesos y a la gerencia logística, quienes supervisarán el comportamiento de los indicadores y la activación de medidas correctivas cuando corresponda.

Este esquema metodológico permitirá anticipar riesgos, aplicar medidas preventivas y consolidar la sostenibilidad de las mejoras propuestas en el tiempo.

Para concluir la fase de Controlar, se presenta la siguiente tabla que resume las actividades previstas para el seguimiento de los resultados, las herramientas que se utilizarán, los tiempos estimados y los responsables. Este plan busca garantizar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo y que cualquier desviación pueda corregirse oportunamente.

*Tabla 5 Actividades y Herramientas fase controlar*

Objetivos Específicos	Actividades	Herramienta	Descripción de la actividad	Plazo estimado	Responsable
Verificar el cumplimiento de los indicadores definidos	Evaluar periódicamente los valores de costo por kilómetro recorrido y porcentaje de entregas a tiempo	Cuadros de control, Listas de chequeo	Monitorear los KPIs mediante reportes de desempeño y listas de verificación diseñadas para el seguimiento de actividades críticas.	Mensual / Trimestral	Ingeniero de procesos / Gerencia logística
Asegurar la sostenibilidad de las mejoras propuestas	Aplicar un sistema de control basado en PDCA	Ciclo PDCA	Utilizar la metodología Planear - Hacer- Verificar- actuar para revisar, evaluar y ajustar continuamente las acciones implementadas.	Continuo	Ingeniero de procesos / Gerencia general
Detectar y corregir desviaciones en el proceso	Activar medidas correctivas ante incumplimiento de objetivos	Planes de acción correctivos	Definir y ejecutar acciones correctivas cuando los indicadores se alejen de los valores de referencia establecidos.	Según necesidad	Ingeniero de procesos / Supervisores
Prevenir riesgos que puedan afectar las mejoras	Identificar factores de riesgo y definir medidas preventivas	Análisis de riesgos, Listas de chequeo	Analizar riesgos potenciales que puedan revertir los avances logrados y establecer medidas para mitigarlos.	Trimestral	Ingeniero de procesos / Gerencia logística

Fuente: elaboración Propia

## **4. Capítulo IV Análisis de causa raíz**

## **4.1 Medición del problema**

En este capítulo se desarrolla la fase de Medición de la metodología DMAIC, cuyo propósito es describir el problema identificado en el proceso de abastecimiento de combustible de la empresa Transportes Billy del Caribe mediante el uso de datos cuantitativos y herramientas de análisis.

A partir de los registros históricos de consumo de combustible y costos operativos correspondientes a los años 2023 y 2024, se estableció una línea base que permite evaluar el desempeño actual del proceso. Esta línea base se construyó considerando indicadores clave (KPI) que reflejan tanto la eficiencia en el uso del combustible como el cumplimiento de las entregas en el tiempo programado.

Para la medición se aplicaron herramientas propias de la ingeniería industrial y de la estadística descriptiva, tales como el SIPOC, el diagrama de procesos, el análisis de datos estadísticos, el diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa. Estas herramientas permiten ordenar la información, identificar patrones, detectar variaciones significativas y determinar los puntos críticos del proceso que requieren atención.

Los resultados alcanzados en esta etapa proporcionan el sustento necesario para abordar el análisis de causas y plantear soluciones en los siguientes capítulos.

## **4.2 Sistema de medición del proyecto y caracterización del problema**

Para el análisis de costos asociados al abastecimiento de combustible, se recopilaron los precios históricos oficiales del diésel publicados por RECOPE, los cuales se detallan en el Apéndice 1.

Los datos considerados fueron:

- Litros consumidos mensualmente.
- Montos pagados por el abastecimiento de combustible.

Con esta información se definieron los siguientes indicadores clave de desempeño (KPI):

Costo de combustible por kilómetro recorrido, calculado dividiendo el gasto total de combustible entre el kilometraje estimado, considerando un rendimiento promedio de 2 km por litro de diésel.

Porcentaje de entregas realizadas en el tiempo programado, indicador logístico que se evaluará con base en los registros de operación de la empresa.

Estos indicadores permiten establecer una línea base cuantitativa que servirá como referencia para identificar ineficiencias y evaluar el impacto de las mejoras propuestas en las fases posteriores del proyecto.

### **4.3 Análisis de datos y cálculo de KPIs**

En esta sección se presentan las herramientas utilizadas para caracterizar el proceso de abastecimiento de combustible y analizar cuantitativamente su comportamiento. Estas herramientas permiten comprender el flujo del proceso, identificar puntos críticos y establecer la línea base que servirá como referencia para las fases posteriores del proyecto.

Como parte de la preparación de los datos, se calculó el rendimiento promedio de las unidades de transporte en 2 km por litro de diésel, valor obtenido a partir de entrevistas con cinco conductores que reportaron resultados similares (entre 1.9 km/l y 2.1 km/l).

Este parámetro se utilizó en el cálculo del KPI Costo de combustible por kilómetro recorrido, junto con los registros históricos de litros consumidos y costos operativos.

A continuación, se desarrollan los resultados obtenidos con cada herramienta aplicada en la fase de medición, siguiendo el orden definido: SIPOC, diagrama de procesos, análisis estadístico, diagrama de Pareto e Ishikawa (4P).

#### **4.3.1 Desarrollo del SIPOC**

Como primer paso de la fase de medición, se elaboró el diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) con el objetivo de describir de forma general el proceso de abastecimiento de combustible en la empresa Transportes Billy del Caribe. Esta herramienta permite identificar a los proveedores involucrados, las entradas necesarias, las actividades principales, las salidas generadas y los clientes que reciben el resultado del proceso.

El SIPOC brinda una visión que facilita la comprensión de cómo interactúan los distintos elementos del sistema de abastecimiento, sirviendo como punto de partida para detallar el flujo de actividades.

La Ilustración 13 muestra el diagrama SIPOC elaborado para el proceso de abastecimiento de combustible de Transportes Billy del Caribe.

Ilustración 14 SIPOC

<b>S</b>	<b>I</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
<b>Proveedor (Supplier)</b>	<b>Entradas (Input)</b>	<b>Proceso (Process)</b>	<b>Salidas (Output)</b>	<b>Clientes (Customer)</b>
RECOPE (Refinadora Costarricense de Petróleo)	Combustible diésel	1. Planificación de rutas de abastecimiento	Vehículos abastecidos con combustible	Conductores
Estaciones de servicio autorizadas	Facturación de combustible	2. Despacho de unidades a puntos de carga	Registro de consumo por unidad	Gerencia de Operaciones
Proveedores de servicios de mantenimiento	Bitácoras de consumo y mantenimiento	3. Abastecimiento de combustible en estación	Facturas y reportes de consumo	Área Administrativa
Gerencia de Operaciones	Planes de viaje, asignación de unidades	4. Registro de litros cargados, kilómetros estimados y costos asociados	Reportes operativos de consumo y costos	Gerencia Financiera
Asistentes de despacho en Puerto Caldera	Datos de control y monitoreo de flota	5. Consolidación de datos de consumo y costos para análisis	Información consolidada para toma de decisiones	Gerencia General
Conductores	Información operativa (hora de carga, tiempos muertos, incidencias)	6. Reporte final del abastecimiento hacia administración y finanzas	Base de datos de consumo, costos y desempeño logístico	Clientes finales (usuarios de los servicios)

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.2 Diagrama de Proceso

A continuación, se describe el proceso actual de ejecución de viajes de la empresa Transportes Billy del Caribe, dentro del cual se incluye la gestión de abastecimiento de combustible como una actividad clave. El objetivo es representar de forma detallada las tareas y decisiones que conforman este proceso, identificando los puntos críticos que afectan los costos operativos y el cumplimiento de tiempos de entrega.

El proceso inicia con recibir la orden de servicio por parte del área administrativa (actividad 1), seguido de registrar la orden en el sistema y calcular la distancia y la tarifa preliminar (actividades 2 y 3). Posteriormente, el departamento de operaciones debe asignar el viaje (actividad 5), decidiendo si este se realizará con camiones propios o subcontratados (actividad

6). Una vez definida la asignación, corresponde verificar los permisos y documentos requeridos (actividad 7) y posteriormente decidir si se requiere abastecer combustible antes de iniciar el traslado (actividad 8).

Cuando el abastecimiento es necesario, el chofer procede a seleccionar la estación de servicio (actividad 9), decisión que actualmente se realiza a discreción y sin un protocolo formal, lo cual genera variabilidad en tiempos y constituye un punto crítico del proceso. Una vez que selecciona se detiene abastecer combustible (actividad 10)

En caso de abastecer, se continúa con la ejecución del viaje y la entrega del contenedor (actividad 11). Finalmente, el chofer debe firmar y entregar las boletas correspondientes (actividad 12), tras lo cual el área administrativa procede a registrar los documentos, facturar al cliente y dar seguimiento al cobro (actividades 13 a 15).

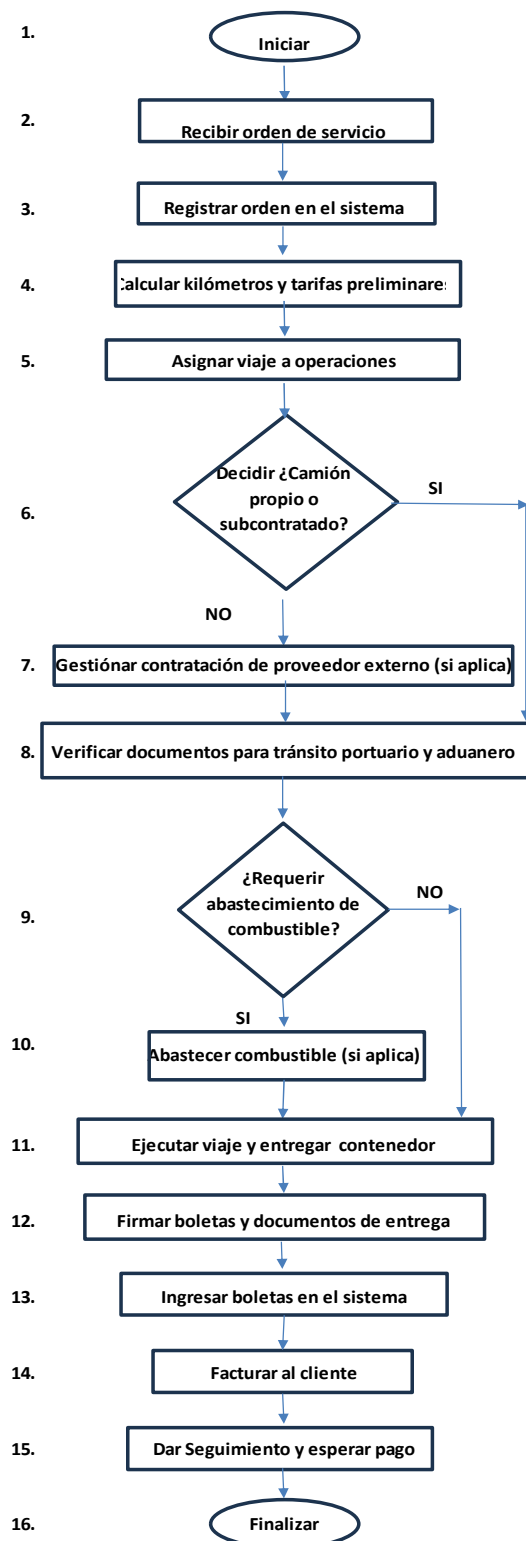
A continuación, en la ilustración numero 15 se puede observar el detalle de actividades y en la ilustración 16 el diagrama de proceso.

*Ilustración 15 Detalle de actividades Situación actual*

#	Actividad	Figura en Diagrama
1	Iniciar	Elipse (Inicio/Fin)
2	Recibir orden de servicio	Rectángulo (Proceso)
3	Registrar orden en el sistema	Rectángulo (Proceso)
4	Calcular kilómetros y tarifas preliminares	Rectángulo (Proceso)
5	Asignar viaje a operaciones	Rectángulo (Proceso)
6	Decidir ¿Camión propio o subcontratado?	Rombo (Decisión)
7	Gestionar contratación de proveedor externo (si aplica)	Rectángulo (Proceso)
8	Verificar documentos para tránsito portuario y aduanero	Rectángulo (Proceso)
9	¿Requerir abastecimiento de combustible?	Rombo (Decisión)
10	Abastecer combustible (si aplica)	Rectángulo (Proceso)
11	Ejecutar viaje y entregar contenedor	Rectángulo (Proceso)
12	Firmar boletas y documentos de entrega	Rectángulo (Proceso)
13	Ingresar boletas en el sistema	Rectángulo (Proceso)
14	Facturar al cliente	Rectángulo (Proceso)
15	Dar Seguimiento y esperar pago	Rectángulo (Proceso)
16	Finalizar	Elipse (Inicio/Fin)

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16 Diagrama de proceso



Fuente: Elaboración Propia

### **4.3.3 Análisis de datos**

Con el objetivo de resumir y comprender el comportamiento de los datos recolectados se realizó un análisis estadístico descriptivo del KPI costo de combustible por kilómetro recorrido, calculado a partir de los datos históricos de consumo de combustible y montos pagados durante el periodo enero 2023 y diciembre 2024 (ver apéndice 2). Este análisis permite describir el comportamiento de los costos asociados al abastecimiento y establecer tendencias que servirán posteriormente para el análisis de las cusas

Para el cálculo se consideró:

- Litros consumidos mensualmente.
- Costo total de abastecimiento mensual.

Kilómetros estimados recorridos (obtenidos a partir de un rendimiento promedio de 2 km por litro)

KPI costo CRC/km, calculado dividiendo el gasto mensual entre los kilómetros estimados.

#### **4.3.3.1 Histograma**

El histograma realizado muestra una representación gráfica de cómo están distribuidos los datos dentro de intervalos o rangos. A partir de los datos recopilado (ver anexo X), y procesados con el uso de la herramienta Minitab se obtuvieron los siguientes resultados como se puede observar en la imagen 15

Ilustración 17 Estadísticas Descriptivas

### Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Costo CRC/KM	24	0	318,07	5,96	29,21	279,11	295,97	317,00	339,15	392,78

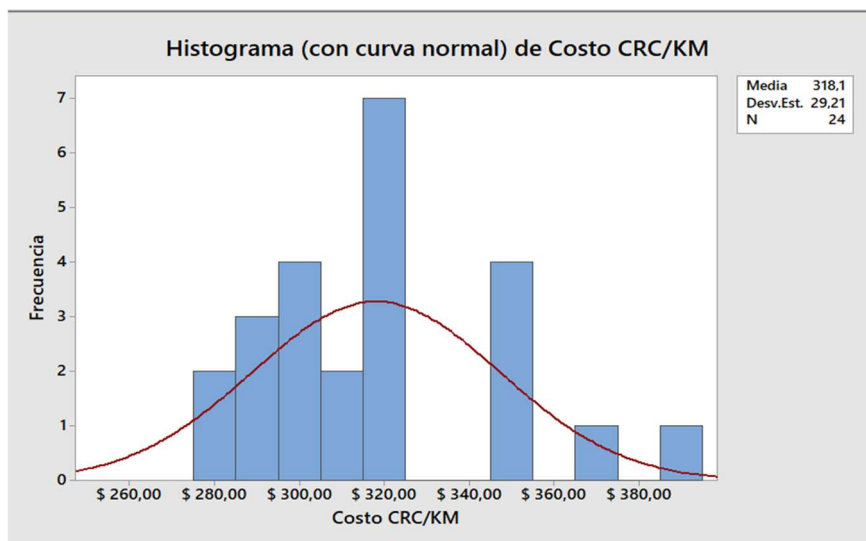
Fuente: Elaboración Propia

- Costo promedio: ₡318/km
- Desviación estándar: ₡29,21 lo que indica una variabilidad moderada.
- Valor mínimo: ₡279/km
- Valor máximo: ₡393/km
- Rango intercuartílico: ₡296 – ₡339

Con el fin de comprender de mejor forma lo antes mencionado se presenta el siguiente

Histograma en la imagen 16

Ilustración 18 Histograma



Fuente: Elaboración Propia

Sobre este histograma de Costo CRC/KM, puedes destacar lo siguiente:

**Distribución de los datos:**

La mayoría de los valores de costo CRC/KM se concentran alrededor de la media (C\$318), lo que indica que en la mayor parte de los meses el costo estuvo cercano a ese valor.

La forma del histograma es aproximadamente normal, aunque presenta una ligera asimetría hacia la derecha, evidenciada por algunos valores más altos que el promedio.

**Frecuencia de los costos:**

Los costos más frecuentes están entre C\$300 y C\$330 por kilómetro, donde se observa la mayor altura de las barras.

Existen pocos valores extremos hacia los lados del histograma (por debajo de C\$280 y por encima de C\$360), lo que refleja variaciones menos comunes.

**Variabilidad:**

La desviación estándar de C\$29 muestra que los datos no se dispersan demasiado de la media; es decir, el comportamiento del costo es relativamente estable.

Sin embargo, hay meses con costos más altos (picos cercanos a C\$380–C\$393) que podrían relacionarse con factores operativos o logísticos excepcionales.

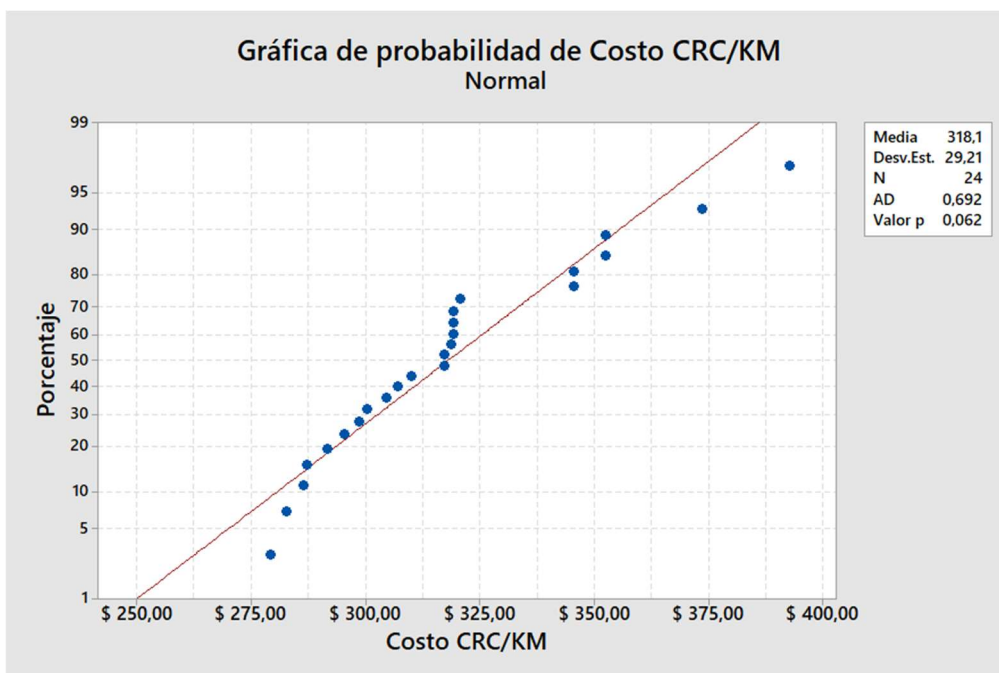
El histograma muestra que, aunque el proceso tiene un comportamiento controlado y predecible en la mayoría de los casos, existen algunos periodos con costos elevados que podrían analizarse más a fondo para determinar sus causas. Esta visualización ayuda a identificar patrones y detectar meses que se apartan del comportamiento habitual, los cuales pueden ser clave para la mejora del proceso.

### 4.3.3.2 Prueba de Normalidad de Anderson-Darling

Con el objetivo de verificar si los datos de Costo CRC/KM siguen una distribución normal, se aplicó la prueba de normalidad Anderson-Darling. Esta prueba es fundamental, ya que permite validar el uso de herramientas estadísticas paramétricas, como el análisis ANOVA.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la siguiente imagen numero 17

*Ilustración 19 Prueba Anderson Darling*



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de los resultados

El valor  $p = 0.062$  es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ), lo que significa que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

En consecuencia, los datos del Costo CRC/KM se pueden considerar que provienen de una población normal.

La gráfica de probabilidad normal muestra que los puntos se ajustan adecuadamente a la línea de referencia, confirmando que no existen grandes desviaciones respecto a la normalidad. Los resultados indican que los costos de combustible por kilómetro presentan un comportamiento cercano al modelo de distribución normal, lo que respalda la utilización de métodos estadísticos paramétricos para el análisis de estos datos.

#### **4.3.3.3 Gráfico de cajas**

Como parte del análisis estadístico se elaboró un gráfico de cajas (boxplot) el cual permite visualizar la dispersión y simetría de los datos del Costo CRC/KM correspondiente al periodo enero 2023 – diciembre 2024.

En la Ilustración 17 se puede observar que:

La mediana del costo por kilómetro es cercana a los ¢318, lo cual coincide con el valor promedio obtenido previamente.

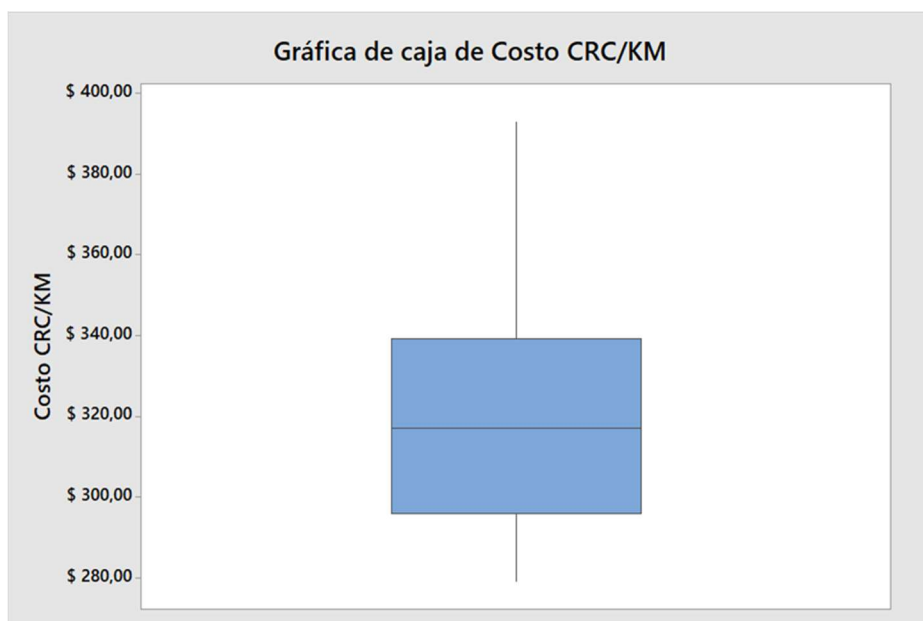
El rango intercuartílico (IQR), es decir, el intervalo entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3), se encuentra aproximadamente entre los ¢296 y ¢339.

La distribución es relativamente simétrica, ya que la mediana se ubica en el centro de la caja y no se identifican valores atípicos

Esto evidencia que los datos no presentan desviaciones extremas, por lo que el comportamiento del proceso es relativamente estable, aunque con ligeras fluctuaciones mensuales.

Este análisis visual confirma la consistencia de los datos y refuerza la validez de la línea base establecida para el KPI de costo por kilómetro recorrido.

Ilustración 20 Gráficos de cajas

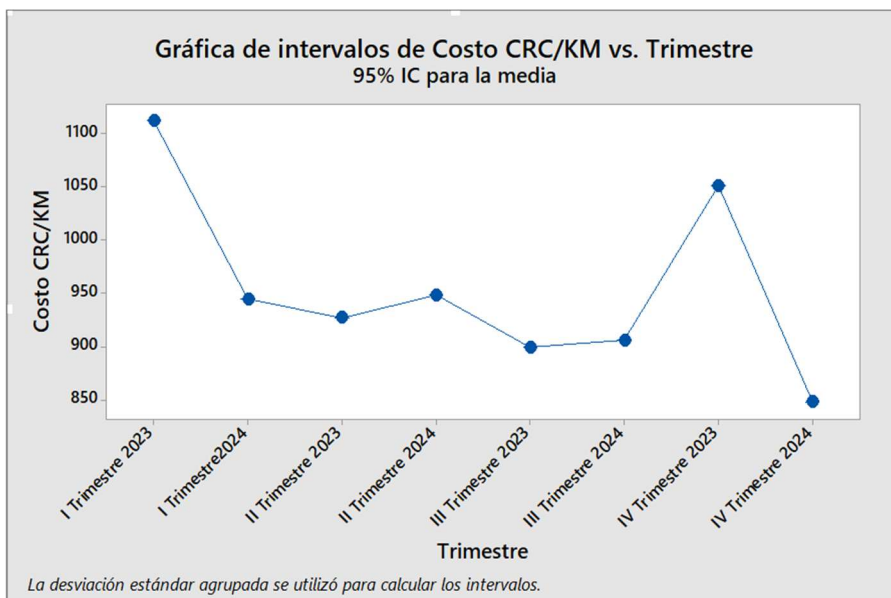


Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.4 Gráfico de Intervalos del Costo CRC/KM por Trimestre

Con el objetivo de identificar tendencias temporales y evaluar la variación del costo de combustible por kilómetro recorrido (CRC/KM) a lo largo del periodo analizado, se elaboró un gráfico de intervalos por trimestre, considerando un nivel de confianza del 95%. El análisis se realizó utilizando un nivel de confianza del 95%, dado que este valor es ampliamente aceptado en estudios estadísticos como un estándar para garantizar un equilibrio adecuado entre precisión y confiabilidad. Esto implica que existe un 95% de probabilidad de que el intervalo calculado contenga el valor verdadero de la media del costo por kilómetro (CRC/KM).

Ilustración 21 Gráfico de intervalos de costo por Trimestre



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el gráfico que se puede ver en la ilustración 19 se puede validar que el primer Trimestre de 2023 presentó el costo más alto del periodo, con un valor cercano a ₡1,110 por kilómetro recorrido, reflejando posiblemente condiciones operativas menos eficientes o precios de combustible más elevados.

El IV Trimestre de 2024, en contraste, mostró el valor más bajo, con aproximadamente ₡848 por kilómetro, evidenciando una mejora progresiva en el control de costos.

A lo largo del periodo 2023–2024, se aprecia una tendencia general a la baja, con una excepción marcada en el IV Trimestre de 2023, donde se registró un repunte significativo.

Esta información es clave para detectar trimestres donde el proceso fue menos eficiente y orientar la toma de decisiones hacia la estabilización de costos y una mejor planificación operativa.

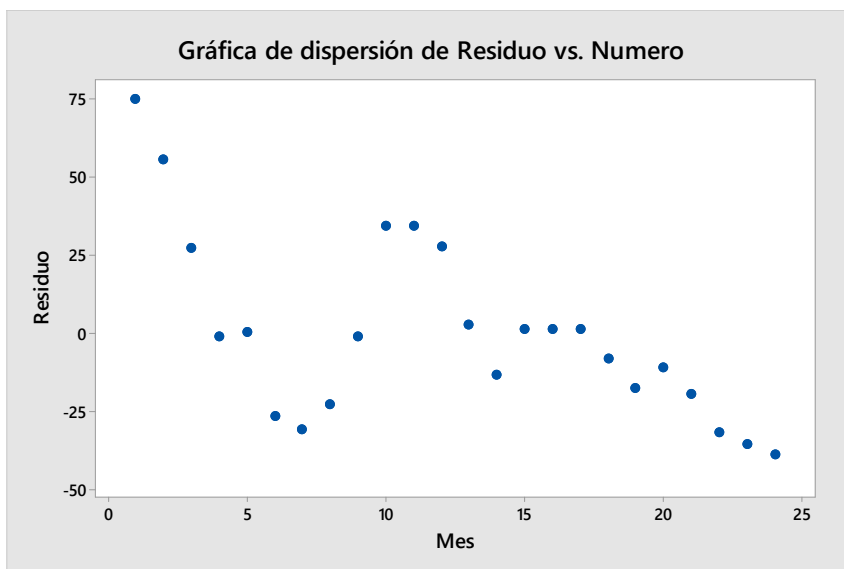
#### 4.3.3.5 Grafica de Dispersión de residuos

El análisis de los residuos permitió evaluar el comportamiento del proceso en el tiempo. Para su cálculo, se utilizó como referencia el promedio general del costo por kilómetro obtenido en todo el periodo analizado; el residuo se determinó como la diferencia entre el valor real de cada mes y dicho promedio.

En la Ilustración 20 se observa que, durante los primeros periodos analizados, los residuos son positivos y de mayor magnitud, lo cual indica que el costo real por kilómetro superaba el valor promedio esperado. A medida que avanza la serie temporal, estos residuos tienden a reducirse y acercarse a cero, lo que evidencia una mayor estabilidad en el comportamiento del proceso. Sin embargo, hacia los meses finales se detecta una tendencia a residuos negativos, es decir, los costos reales por kilómetro resultan inferiores al promedio.

Este comportamiento podría estar asociado a diversos factores, como mejoras en la gestión operativa, optimización de rutas o ajustes en el precio del combustible, lo cual sugeriría una mayor eficiencia en el proceso de abastecimiento. No obstante, también es posible que la reducción en los costos esté relacionada con una menor cantidad de viajes o disminución en la actividad operativa, lo que implicaría una menor demanda de combustible sin necesariamente reflejar una mejora estructural. Con la finalidad de entender este comportamiento, se realizó un análisis de relación entre carga de trabajo y costo por kilómetro, que se puede observar en el punto 4.3.3.6.

Ilustración 22 Gráfica de Dispersión



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.6 Análisis de relación de carga de trabajo y costo de kilómetro.

Al observar los datos, se evidenció que los trimestres con menor costo por kilómetro coinciden con aquellos en los que se registró una baja en la cantidad total de kilómetros recorridos. Por ejemplo, en el IV Trimestre 2024 se alcanzó el costo promedio por kilómetro más bajo del periodo (C\$847,84/km), lo cual coincide con la menor carga operativa registrada (355.604 km estimados). Este comportamiento se repite en otros trimestres de baja actividad.

Este hallazgo indica que la reducción del costo por kilómetro no está necesariamente asociada a una mejora estructural en la eficiencia del proceso, sino que podría explicarse por una disminución en la actividad operativa, que deriva en menor consumo de combustible.

Con el fin de evaluar cuantitativamente esta relación, se aplicó la prueba de correlación de Pearson entre los kilómetros estimados recorridos y el costo de combustible por kilómetro.

Como se puede observar en la ilustración 21 El análisis arrojó un coeficiente  $r = 0,771$ , con un valor  $p = 0,000$ .

*Ilustración 23 Correlación KM estimados; Costo CRC7KM*

### Correlación: KM estimados; Costo CRC/KM

#### Correlaciones

Correlación de Pearson	0,771
Valor p	0,000

Fuente: Elaboración Propia

El valor positivo de  $r$  indica que existe una relación directa entre ambas variables: cuando la carga de trabajo aumenta, el costo por kilómetro tiende a incrementarse.

- La magnitud de  $r$  (0,771) corresponde a una correlación fuerte, según criterios estadísticos convencionales.
- El valor  $p < 0,05$  confirma que la relación observada es estadísticamente significativa, por lo que es muy poco probable que se deba al azar.

Este resultado respalda lo observado en el análisis descriptivo: la variación en los costos por kilómetro está estrechamente vinculada a los niveles de actividad operativa. Sin embargo, este vínculo no implica necesariamente una mejora o deterioro en la eficiencia, ya que puede estar influenciado por factores externos como variaciones en las rutas, cambios en los precios del combustible o condiciones logísticas.

A continuación, se presenta la Tabla 6 con el resumen trimestral de kilómetros recorridos y costos CRC/km.

Tabla 6 Tabla Trimestral costo CRC/KM

Mes	Litros Totale	Monto total CRC	KM estimados	Costo CRC/KM
I Trimestre 2023	462 270,22	344 330 851,28	924 540,44	1 111,74
II Trimestre 2023	315 896,84	195 874 390,58	631 793,69	927,00
III Trimestre 2023	318 041,10	190 822 923,66	636 082,20	899,13
IV Trimestre 2023	340 685,85	238 742 289,66	681 371,71	1 050,50
I Trimestre 2024	372 370,40	234 813 317,13	744 740,80	944,08
II Trimestre 2024	271 474,91	171 802 538,39	542 949,83	947,84
III Trimestre 2024	182 908,11	110 380 720,21	365 816,22	905,64
IV Trimestre 2024	177 802,38	100 492 175,34	355 604,76	847,84

Fuente: Elaboración propia

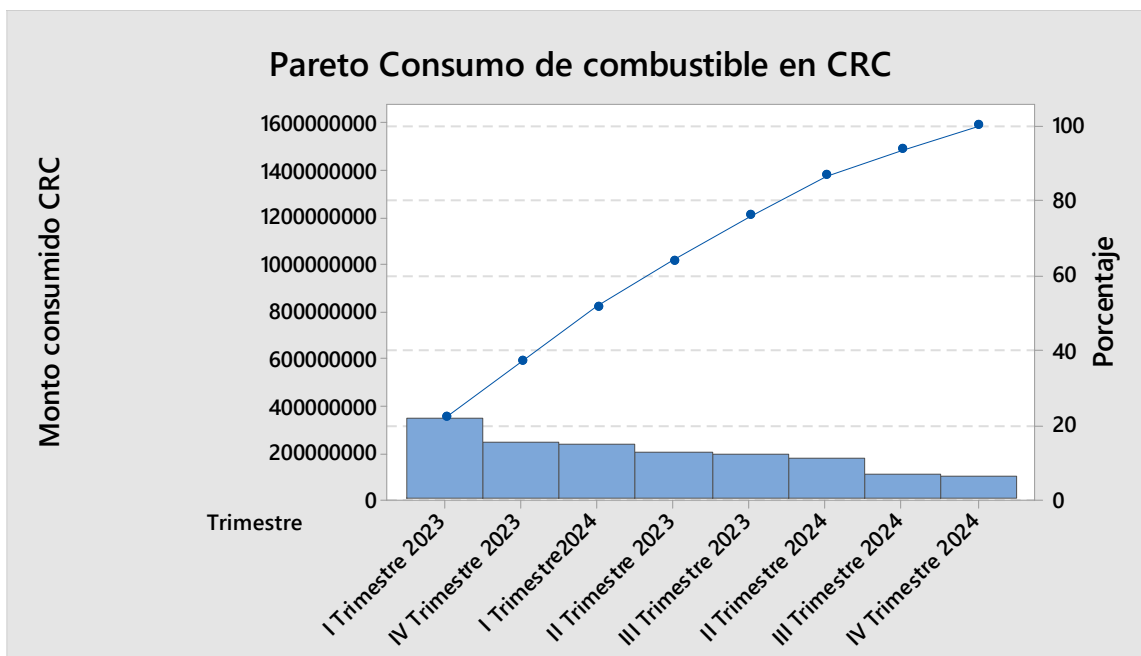
#### 4.3.4 Análisis de Pareto del consumo del combustible

La gráfica generada evidencia que el consumo de combustible no se concentra únicamente en los primeros trimestres del 2023, sino que se distribuye a lo largo de varios periodos de diferentes años. Si bien el I Trimestre de 2023 presenta el mayor monto, también se observan niveles de gasto elevados en otros trimestres del 2023 y del 2024, lo que indica una tendencia más equilibrada en el consumo total.

En conjunto, los cinco trimestres con mayor gasto acumulan aproximadamente el 80% del consumo total, lo cual demuestra que los costos no se deben a eventos aislados, sino a una demanda sostenida durante distintos momentos operativos.

Este resultado coincide con los análisis de tendencia y de residuos, confirmando que las variaciones en el costo por kilómetro responden tanto a factores de volumen de trabajo como a fluctuaciones externas en el precio del combustible, y no necesariamente a ineficiencias estructurales dentro del proceso.

Ilustración 24 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.5 Diagrama de Ishikawa

Con el fin de identificar las posibles causas que influyen en el retraso de entregas se elaboró un diagrama de Ishikawa. Este análisis se enfocó en los elementos clave del proceso de abastecimiento de combustible, por su impacto directo en la eficiencia y puntualidad de las operaciones logísticas.

El diagrama fue construido con base en el enfoque de las 4P en inglés (People, Process, Plant y Policies).

A continuación, se detallan las causas agrupadas por categoría:

**People (Personas)**

- Falta de capacitación específica en planificación de tiempos y abastecimiento eficiente.
- Decisiones individuales del chofer que pueden provocar demoras (por ejemplo, selección de estación de servicio con alta demanda).
- Ausencia de retroalimentación sobre desempeño y puntualidad en las entregas.

**Process (Proceso)**

- El proceso de abastecimiento no está estandarizado, lo que genera variaciones en tiempos de espera.
- No se realiza una planificación integral que considere tiempo de carga, tráfico y abastecimiento.
- Fallas en la coordinación entre administración, operaciones y choferes.

**Plant (Infraestructura / Planta)**

- Estaciones de servicio externas con tiempos de atención variables o saturación de vehículos.
- No se cuenta con infraestructura propia de abastecimiento que reduzca tiempos improductivos.
- Demoras por falta de disponibilidad de cabezales o unidades en el momento requerido.

**Policies (Políticas / Procedimientos)**

- Ausencia de un protocolo que establezca criterios para seleccionar la estación de servicio más eficiente.
- Falta de controles de tiempo sobre las etapas previas al inicio del viaje.

- No existen indicadores de puntualidad desglosados por causa (abastecimiento, tráfico, carga, etc.).

Estas causas reflejan que los retrasos en la entrega no siempre están asociados directamente a la ejecución del viaje, sino a factores previos que podrían corregirse con una mejor planificación, estandarización de procesos y control de tiempos.

Ilustración 25 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia (2025).

#### 4.4 Conclusiones de la situación actual

- Se observó que los costos por kilómetro cambiaron a lo largo del periodo analizado y dependen de la cantidad de trabajo realizado. En los trimestres con menos actividad, el costo por kilómetro disminuyó, lo que muestra que esta reducción no necesariamente responde a mejoras en la eficiencia del proceso.
- El análisis de residuos mostró que, en los primeros meses, los costos reales superaban el promedio, mientras que en los últimos meses se observó una tendencia a costos más bajos, posiblemente asociados a la reducción en la actividad operativa.
- La correlación de Pearson ( $r = 0,771$ ;  $p < 0,05$ ) confirmó una relación positiva y significativa entre la cantidad de kilómetros recorridos y el costo por kilómetro, reforzando que el comportamiento del indicador depende en gran medida de la carga de trabajo.
- El diagrama de Pareto permitió identificar que las principales causas que afectan la puntualidad y eficiencia del abastecimiento se concentran en pocas categorías críticas, lo cual facilita focalizar los esfuerzos de mejora.
- El diagrama de Ishikawa reveló que los retrasos en las entregas están relacionados con factores asociados a las 4P: falta de capacitación y decisiones individuales (People), ausencia de estandarización en procesos (Process), limitaciones de infraestructura externa e interna (Plant) y carencia de políticas claras para la selección de estaciones de servicio y control de tiempos (Policies).

En general, los hallazgos reflejan que la empresa enfrenta limitaciones tanto operativas como estructurales, las cuales impactan directamente en los costos y en la puntualidad de las entregas.

## **5. Capítulo V Diseño e Implementación de la solución**

## 5.1 Principales Causas del problema

Con base en el diagnóstico desarrollado en el capítulo anterior, se identificaron los principales factores que explican las ineficiencias observadas en el proceso de abastecimiento de combustible y su impacto en la operación de la empresa. Estas causas raíz se resumen en la tabla número 8, vinculando la situación observada, su origen y el efecto que genera en la gestión operativa y financiera de la organización:

Tabla 7 Causas del problema

Situación Identificada	Causa raíz	Impacto en la operación
Variaciones en el costo por kilómetro	La variación depende de la carga de trabajo y no de mejoras estructurales en la eficiencia.	Dificulta evaluar la verdadera eficiencia del proceso y genera interpretaciones erróneas en los costos.
Retrasos en viajes por abastecimiento	Proceso de abastecimiento poco estandarizado, con diferencias en tiempos y manejo por parte de los choferes.	Aumenta los tiempos muertos y retrasa la programación de viajes.
Incertidumbre en tiempos de atención	Dependencia de estaciones externas que presentan saturación y tiempos variables de servicio.	Pérdida de control sobre la planificación, afectando la puntualidad en la entrega de viajes.
Falta de indicadores de desempeño	Ausencia de protocolos y controles formales para medir puntualidad y eficiencia del abastecimiento.	No permite dar seguimiento a la gestión ni identificar oportunidades de mejora sostenida.
Dificultades en la planificación de viajes	Problemas de coordinación y comunicación entre administración, operaciones y choferes.	Genera reprocesos, baja productividad y mayor desgaste operativo.

Fuente: Elaboración Propia

Las causas identificadas reflejan que el problema central no se limita únicamente al costo del combustible, sino a la falta de control y estandarización en el proceso de abastecimiento y su integración con la planificación de viajes. Este conjunto de debilidades impacta tanto en la eficiencia operativa como en la capacidad de la empresa para proyectar costos confiables y cumplir con los niveles de servicio esperados.

En el siguiente apartado (5.2 Soluciones propuestas) se desarrollan alternativas orientadas a mitigar estas causas raíz, buscando establecer un sistema más confiable, eficiente y sostenible en el tiempo.

## 5.2 Soluciones Propuestas

Una vez identificadas las causas raíz que afectan el proceso de abastecimiento y gestión de los viajes, se plantean las siguientes alternativas de solución, las cuales se pueden ver en la tabla número 9. Estas propuestas buscan atender directamente los problemas detectados, con el objetivo de estandarizar procesos y reducir el impacto de factores externos que afectan los costos y la puntualidad en las entregas.

Tabla 8 Soluciones Propuestas

Causa raíz	Solución propuesta	Beneficios esperados
Variaciones en el costo por kilómetro debido a la carga de trabajo	Implementar un sistema de indicadores que diferencie entre variaciones por carga de trabajo y mejoras estructurales.	Permite medir con mayor precisión la eficiencia real del proceso y tomar decisiones con base en datos confiables.
Falta de indicadores de desempeño	Incorporar KPIs específicos (tiempo promedio de abastecimiento, costo por kilómetro, puntualidad en viajes).	Facilita la medición objetiva del desempeño y el seguimiento de mejoras sostenibles.
Proceso de abastecimiento poco estandarizado	Diseñar un protocolo formal de abastecimiento con tiempos y procedimientos definidos.	Reduce tiempos muertos, estandariza la operación y mejora la coordinación entre choferes y operaciones.
Dependencia de estaciones externas con tiempos variables	Evaluar la viabilidad de instalar un tanque de abastecimiento propio dentro de la empresa.	Otorga mayor control sobre los tiempos de servicio, reduce la incertidumbre y mejora la planificación de viajes.

Fuente: Elaboración Propia

Las propuestas presentadas no son excluyentes, sino complementarias. Algunas soluciones representan mejoras de bajo costo y rápida implementación (protocolos, indicadores, sistemas de comunicación), mientras que otras, como la instalación de un tanque de abastecimiento propio, requieren un análisis más profundo de inversión y viabilidad. En conjunto, estas

acciones permiten atacar las causas raíz del problema, consolidando un proceso más confiable, eficiente y alineado con los objetivos de sostenibilidad operativa y financiera de la empresa.

### **5.3 Evaluación económica de las soluciones**

En esta sección se presentan las valoraciones financieras correspondientes a cada una de las alternativas de mejora planteadas en el capítulo anterior. El propósito es determinar, con base en criterios económicos, la factibilidad de implementación de cada propuesta y su impacto en los costos operativos de la empresa.

Para cada solución se desarrolla un análisis individual que incluye:

- Desglose de la inversión inicial requerida y sus principales componentes.
- Proyección del flujo de caja esperado a partir de los beneficios generados por la propuesta.
- Evaluación mediante indicadores financieros: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR).

Este enfoque permite comparar objetivamente las alternativas, identificar aquellas con mayor rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo, y brindar a la empresa una base sólida para la toma de decisiones de acuerdo con su posibilidad económica.

#### **5.3.1 Protocolo formal de abastecimiento y control digital mediante KPIs**

La primera alternativa de mejora consiste en el diseño e implementación de un protocolo formal de abastecimiento de combustible, acompañado por un sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan monitorear de forma continua la eficiencia del proceso. El

objetivo es reducir la variabilidad en los tiempos de operación, asegurar la trazabilidad de la información y mejorar el porcentaje de entregas a tiempo.

El protocolo formal de abastecimiento se centra en dos pilares:

### **1. Registro estandarizado (formulario/aplicación)**

Diseñar un formulario digital (aplicación móvil vinculada al sistema actual) que cada chofer deberá completar en el momento del abastecimiento. Este deberá contener la siguiente información

- Identificación del chofer y unidad.
- Fecha y hora del abastecimiento.
- Estación o punto de carga.
- Kilometraje al momento del abastecimiento.
- Litros cargados y monto total.
- Observaciones (retrasos, incidencias, etc.).

En caso de que la empresa opte por un formulario físico, este deberá contar con los mismos campos y ser digitado al sistema por personal de operaciones.

No obstante, la versión digital ofrece ventajas adicionales como la trazabilidad, generación de reportes automáticos y posibilidad de comparar la eficiencia individual de cada chofer.

### **2. Definición de estaciones de servicio autorizadas**

La empresa establecerá cuáles estaciones podrán utilizarse, con base en criterios de ubicación estratégica, tiempos de atención, requisitos de seguridad y confiabilidad del servicio. Esto

elimina la variabilidad que hoy generan decisiones discrecionales de los choferes y contribuye a reducir tiempos muertos.

El nuevo diagrama de flujo del proceso incorpora las actividades número 10,12, y16 como parte del protocolo, eliminando la improvisación y garantizando uniformidad en los registros operativos.

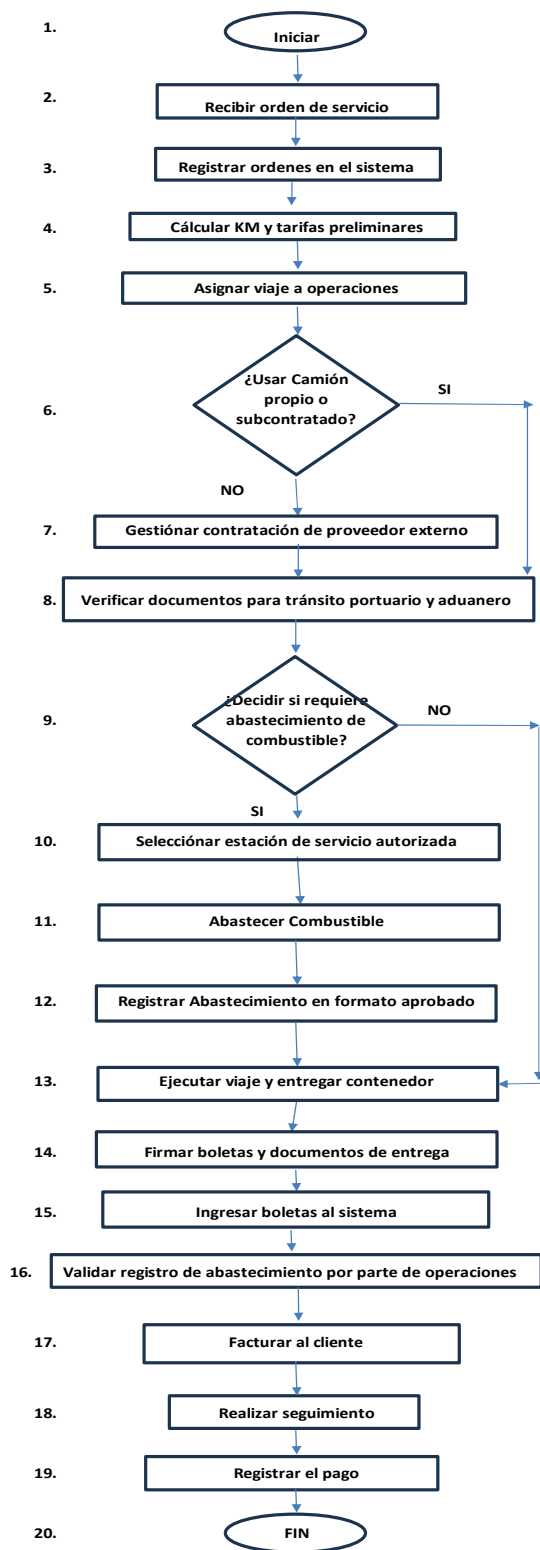
A continuación, en la Ilustración 25 se puede ver el nuevo detalle de actividades y en la Ilustración 26 el nuevo diagrama de proceso.

*Ilustración 26 Detalle de actividades Sugerida*

Nº	Actividad	Figura en Diagrama
1	Iniciar proceso	Elipse (Inicio/Fin)
2	Recibir orden de servicio	Rectángulo (Proceso)
3	Registrar orden en el sistema	Rectángulo (Proceso)
4	Calcular kilómetros y tarifas preliminares	Rectángulo (Proceso)
5	Asignar viaje a operaciones	Rectángulo (Proceso)
6	Decidir si usar camión propio o subcontratado	Rombo (Decisión)
7	Gestionar contratación de proveedor externo (si aplica)	Rectángulo (Proceso)
8	Verificar documentos para tránsito portuario y aduanero	Rectángulo (Proceso)
9	Decidir si se requiere abastecimiento de combustible	Rombo (Decisión)
10	Seleccionar estación de servicio autorizada (según protocolo)	Rectángulo (Proceso)
11	Abastecer combustible (si aplica)	Rectángulo (Proceso)
12	Registrar abastecimiento en formato estandarizado	Rectángulo (Proceso)
13	Ejecutar viaje y entregar contenedor	Rectángulo (Proceso)
14	Firmar boletas y documentos de entrega	Rectángulo (Proceso)
15	Ingresar boletas en el sistema	Rectángulo (Proceso)
16	Validar registro de abastecimiento por parte de operaciones	Rectángulo (Proceso)
17	Facturar al cliente	Rectángulo (Proceso)
18	Realizar seguimiento y esperar pago	Rectángulo (Proceso)
19	Registrar el pago	Rectángulo (Proceso)
20	Finalizar	Elipse (Inicio/Fin)

Fuente: Elaboración propia. (2025)

Ilustración 27 Diagrama Proceso Protocolo abastecimiento



Fuente Elaboración propia

En la Tabla 10 se presentan los indicadores clave de desempeño (KPIs) sugeridos para el control del proceso de abastecimiento. Estos indicadores combinan variables operativas y de gestión que permiten monitorear los resultados de la propuesta de mejora en términos de eficiencia, costos y cumplimiento de entregas.

Tabla 9 KPI's sugeridos

KPI	Fórmula de cálculo	Unidad de medida	Frecuencia	Responsable
Tiempo promedio de abastecimiento	$\Sigma$ (tiempo abastecimiento) / n° de eventos	Minutos	Mensual	Jefe de operaciones
Costo por kilómetro	Total costos / km recorridos	CRC/km	Mensual	Área administrativa
Puntualidad en viajes	(Viajes a tiempo / viajes totales) * 100	%	Mensual	Jefe de logística
Viajes atrasados por abastecimiento	(Viajes atrasados por abastecimiento / viajes totales) * 100	%	Mensual	Jefe de logística
Consumo de combustible por km	Litros consumidos / km recorridos	L/km	Mensual	Jefe de Operaciones

Fuente: Elaboración propia

A continuación, una explicación de cada indicador.

- **Tiempo promedio de abastecimiento**

Este indicador busca medir la eficiencia operativa de las estaciones y del propio protocolo de abastecimiento. Si los tiempos son altos, se generan retrasos que impactan directamente en la programación de viajes. Al analizar este KPI se pueden identificar patrones de demora, establecer tiempos estándar aceptables y negociar mejoras con proveedores de combustible.

Un valor bajo y estable en el tiempo reflejará un proceso más eficiente.

En este KPI es importante considerar que el tiempo de abastecimiento no depende únicamente de la disciplina del chofer, sino también de la capacidad de bombeo del dispensador. No es lo

mismo cargar 300 litros que 150, por lo que el análisis debe normalizarse por volumen o incluir rangos de tolerancia que reflejen esta variabilidad técnica.

- **Costo por Kilometro**

Permite monitorear el impacto económico del abastecimiento en relación con la distancia recorrida. No solo incluye el gasto en combustible, sino que incorpora otros costos asociados al viaje. Es clave para evaluar la rentabilidad de las operaciones y para tomar decisiones como reasignar rutas, ajustar tarifas o implementar tecnologías de ahorro energético. La comparación mensual de este KPI ayudará a detectar variaciones por carga de trabajo o ineficiencias en el proceso.

- **Puntualidad en viajes**

Este KPI mide el porcentaje de viajes cumplidos dentro del tiempo programado, considerando la entrega final al cliente. Es un indicador directamente relacionado con la satisfacción del cliente y con la competitividad de la empresa en el mercado. Si la puntualidad disminuye, el área de logística podrá identificar si la causa principal está en el abastecimiento, en la planificación de rutas o en factores externos, y aplicar medidas correctivas.

- **Viajes atrasados por abastecimiento**

A diferencia del KPI anterior, este se centra específicamente en los atrasos derivados del proceso de carga de combustible. Resulta fundamental para validar si la estandarización de protocolos y la definición de estaciones autorizadas están logrando reducir la variabilidad. Su monitoreo permitirá comprobar el impacto real de la propuesta planteada en este trabajo, al compararse con la línea base detectada en el diagnóstico inicial.

- **Consumo de combustible por kilómetro**

Este indicador mide la eficiencia del uso del Diesel, al relacionar los litros consumidos con la distancia efectivamente recorrida. Es útil para detectar prácticas ineficientes de conducción, posibles fallas mecánicas o desvíos en el proceso de abastecimiento.

De esta manera, los KPIs y el protocolo propuesto ofrecen la base para cuantificar los resultados de la mejora. A partir de aquí, corresponde detallar la inversión inicial requerida para su implementación.

### 5.3.1.1 Inversión inicial estimada

La propuesta requiere una inversión aproximada de ¢2,200,000, distribuida de la siguiente manera:

Capacitación inicial a choferes y personal de operaciones: ¢600,000

Desarrollo de manuales, formatos y protocolos estandarizados: ¢500,000

Diseño del formulario digital (aplicación básica de registro) o integración al sistema actual:  
¢800,000

Sesiones de retroalimentación y seguimiento inicial: ¢300,000

### 5.3.1.2 Beneficios esperados

Se estima que, a partir de la implementación, la empresa podría:

- **Incrementar las entregas a tiempo en un 10% anual.**

Este objetivo se conecta directamente con lo definido en el capítulo 3, donde se identificó que las desviaciones en el abastecimiento de combustible y la ausencia de controles adecuados

afectan la programación de entregas. La estandarización de protocolos y la introducción de KPIs permiten corregir esas ineficiencias.

- **Reducir costos asociados a ineficiencias logísticas en aproximadamente  $\text{C}\$900,000$  por año.**

Este monto se justifica en la reducción de multas y penalidades aplicadas por atrasos en entregas, uno de los efectos identificados en la etapa de diagnóstico. En el escenario actual, con un promedio de entre 100 y 200 viajes mensuales (de alrededor de 300 km por viaje), se presentan en promedio 5 atrasos mensuales. Cada atraso implica una penalidad cercana a los \$30 USD (aprox.  $\text{C}\$16,000$ ).

Esto genera un costo anual estimado de:

$$5 \text{ atrasos / Mes} \times 12 \text{ meses} \times \text{C}\$16,000 = \text{C}\$960,000.$$

Al aplicar los protocolos estandarizados y un monitoreo constante de KPIs, se espera reducir sustancialmente estas penalidades, alcanzando una mejora equivalente a  $\text{C}\$900,000$  anuales.

Contar con datos cuantificables que permitan evaluar y mejorar continuamente el desempeño de choferes y procesos.

Esto responde a la carencia de indicadores identificada en el capítulo 3 y asegura la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

### **5.3.1.3 Análisis económico**

Para evaluar la viabilidad financiera de la propuesta de implementación de protocolos estandarizados y control de KPIs, se realizó un análisis de flujo de caja proyectado a cinco años.

La inversión inicial asciende a ¢2,200,000, distribuidos en capacitación, desarrollo de manuales, implementación de herramientas de control y sesiones de retroalimentación. A partir de dicha inversión, se proyectan beneficios anuales en reducción de costos logísticos equivalentes a ¢900,000 por año.

Bajo una tasa de descuento del 10% y un horizonte de 5 años, se obtuvieron los siguientes indicadores:

Valor Actual Neto (VAN): ¢1,211,708.09

Tasa Interna de Retorno (TIR): 30%

En la ilustración se puede ver el cálculo del VAN y el TIR

*Ilustración 28 Cálculo TIR y VAN Opción 1*

Inversión inicial	2 200 000,00
Tasa	10%
N	5
Año 0	-¢2 200 000,00
Año 1	900 000,00
Año 2	900 000,00
Año 3	900 000,00
Año 4	900 000,00
Año 5	900 000,00
VAN	¢1 211 708,09
TIR	30%

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados muestran que el proyecto es económicamente viable, ya que el VAN es positivo y la TIR supera ampliamente la tasa de descuento considerada. Esto significa que la implementación de esta alternativa no solo permite mejorar el cumplimiento de entregas a

tiempo y estandarizar los procesos, sino que también genera beneficios financieros que justifican la inversión inicial en un corto plazo.

#### **5.3.1.4 Sostenibilidad de la propuesta**

La sostenibilidad de la implementación de protocolos y control de KPIs se asegura mediante tres pilares principales:

- Normalización del proceso

Los manuales y protocolos desarrollados quedarán documentados como procedimientos oficiales de la empresa, garantizando que todo nuevo colaborador cuente con una guía clara y estandarizada.

Se establece la obligatoriedad de aplicar los formatos y registros de control en cada viaje, de modo que el proceso no dependa únicamente de la voluntad individual de los choferes.

- Monitoreo continuo de indicadores

Los KPIs definidos se revisarán mensualmente.

La empresa contará con reportes periódicos que permitan detectar desviaciones y aplicar medidas correctivas oportunas.

Para garantizar la mejora continua, la empresa aplicará el ciclo de Deming (PDCA), el cual permitirá planificar nuevas medidas correctivas, implementarlas, verificar sus resultados a través de KPIs y actuar en consecuencia. Este enfoque asegura que la retroalimentación no se limite a sesiones periódicas, sino que se convierta en un proceso dinámico y permanente dentro de la organización.

Con esta primera alternativa, la empresa cuenta con una opción viable que combina mejoras operativas y beneficios económicos sostenibles. En el siguiente apartado se analizará la propuesta relacionada con la instalación de un tanque de combustible, evaluando igualmente su impacto financiero y operativo.

### **5.3.2 Instalación de tanque de Diesel para autoabastecimiento**

La segunda alternativa de mejora consiste en la instalación de un tanque de almacenamiento y dispensación interna de diésel en las instalaciones de la empresa. Actualmente, el abastecimiento se realiza en estaciones externas, lo cual genera diversos inconvenientes: tiempos improductivos por desvíos fuera de ruta, exposición a filas de espera, falta de control preciso sobre el consumo por unidad y riesgo de incumplimiento en las entregas programadas.

El propósito de esta propuesta es centralizar el abastecimiento dentro de la empresa, eliminando la dependencia de estaciones externas y garantizando un control más riguroso sobre el consumo de combustible. Esto permite no solo reducir los tiempos muertos asociados al proceso, sino también mejorar la trazabilidad y planificación de los viajes.

Si bien en Costa Rica el precio del combustible está regulado por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), las estaciones de servicio aplican un margen adicional de operación que incrementa el costo por litro. Al implementar un sistema de abastecimiento interno, la empresa podría adquirir el combustible al precio base mayorista, evitando dicho margen. Considerando un consumo anual significativo, este ahorro se traduce en un impacto económico relevante, sumado a los beneficios operativos de eficiencia y cumplimiento de entregas a tiempo.

De esta forma, la instalación del tanque de combustible representa una alternativa integral que combina reducción de costos, mejora en el control administrativo y aumento en la confiabilidad de las operaciones logísticas.

En la ilustración 29 se puede observar un tanque de almacenamiento de 10.000 litros, similar al que se propone en este proyecto. La imagen se incluye con carácter referencial, con el objetivo de brindar al lector una idea clara de la magnitud y diseño del equipo que se pretende implementar.

*Ilustración 29 Ejemplo de tanque de almacenamiento de 10.000 litros.*



Fuente: Imagen referencial (mercado libre / Internet / elaboración propia).

Adicionalmente, la compra mayorista de combustible deberá gestionarse mediante la solicitud oficial establecida por RECOPE, lo cual asegura la trazabilidad y legalidad del proceso (ver Anexo 1).

En las siguientes subsecciones se detallan la inversión inicial estimada, los beneficios esperados y el análisis económico de esta alternativa.

### **5.3.2.1 Inversión inicial estimada**

La implementación de un sistema de abastecimiento interno mediante la instalación de un tanque de 10.000 litros requiere una inversión significativa, pues se trata de un proyecto que involucra tanto infraestructura física como cumplimiento regulatorio. La elección de la capacidad se justifica en función del consumo semanal de la empresa (23.500 litros), lo que permite planificar reabastecimientos hasta dos veces por semana sin interrumpir las operaciones. La inversión incluye la adquisición del tanque con sistema de bombeo y dispensador, las obras civiles para garantizar condiciones de seguridad y durabilidad, los permisos requeridos por las entidades competentes y la capacitación del personal encargado de la operación y control del nuevo sistema. En conjunto, se estima un costo total cuyo valor puede oscilar los 22 millones de colones, Dicho costo se compone de la siguiente forma:

- Tanque de almacenamiento de 10.000 litros con sistema de bombeo, medidor y dispensador doble cuyo valor ronda entre ₡10,000,000 y ₡12,000,000
- Obras civiles y acondicionamiento del área (plataforma de concreto, techo protector, canalización de derrames, medidas de seguridad) se estima su costo puede rondar entre ₡5,000,000 y ₡6,000,000
- Permisos ambientales y de seguridad (SETENA, MINAE, Bomberos, Municipalidad) los mismos pueden tener un costo aproximado entre ₡2,000,000 y ₡2,500,000
- Capacitación y programa inicial de gestión de abastecimiento su valor ronda entre ₡1,200,000 – ₡1,500,000.

**Nota:** Los costos presentados corresponden a estimaciones de mercado y deben ser considerados como valores de referencia. Para asegurar la validez financiera de la propuesta, la empresa deberá realizar un proceso formal de cotización con al menos 2–3 proveedores locales y 2 internacionales, comparando condiciones de precio, calidad y soporte. Además, se recalca que cualquier tanque o equipo importado debe cumplir con la normativa costarricense vigente (placa técnica, válvulas certificadas, pruebas de presión, espesores de acero y otros requisitos técnicos), ya que su homologación ante Bomberos, Ministerio de Salud y autoridades ambientales es indispensable. En consecuencia, eventuales ahorros en la compra nunca deben comprometer la seguridad ni el cumplimiento regulatorio.

### **5.3.2.2 Beneficios Esperados**

La instalación de un tanque de abastecimiento interno de 10.000 litros ofrece beneficios directos en la operación y en la gestión del transporte de combustibles. Estos beneficios pueden agruparse en cuatro dimensiones principales:

- **Reducción de tiempos improductivos**

La eliminación de desvíos hacia estaciones externas permite que los camiones reduzcan entre 30 y 45 minutos por viaje, dependiendo de la ubicación de la estación. Este tiempo recuperado se traduce en mayor disponibilidad de la flota para cumplir con las entregas programadas.

- **Mejora en la puntualidad de entregas**

Al centralizar el abastecimiento, se disminuye la probabilidad de atrasos asociados a colas en estaciones o a desvíos no planificados. Esto contribuye directamente a mejorar el porcentaje

de entregas realizadas en el tiempo programado, alineándose con el objetivo del proyecto de aumentar en un 10% la puntualidad anual.

- **Trazabilidad y control del consumo**

El sistema de dispensación interna permite llevar un registro detallado del volumen de combustible cargado por cada unidad, el horario del abastecimiento y el responsable de la operación. Este nivel de trazabilidad facilita la detección de inconsistencias y promueve una gestión más transparente del recurso.

- **Seguridad y orden en el proceso de abastecimiento**

El almacenamiento interno en condiciones reguladas y bajo procedimientos estandarizados reduce los riesgos de derrames, pérdidas o manipulaciones indebidas. Asimismo, mejora la organización del proceso y fortalece el cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad ocupacional.

En conjunto, estos beneficios no solo inciden en la eficiencia operativa, sino que también fortalecen la capacidad de la empresa para gestionar indicadores clave de desempeño (KPIs) como tiempos de viaje, costos por kilómetro y nivel de cumplimiento de entregas.

### **5.3.2.3 Análisis económico (escenario con inversión propia)**

Para la instalación de un tanque de 10.000 litros se proyectaron flujos de efectivo a 5 años utilizando una tasa de descuento del 15%. El ahorro anual por compra de combustible directa a RECOPE se estimó en ¢85,540,000, correspondiente a un margen de ¢70 por litro sobre un consumo de 1,222,000 litros anuales.

Los costos operativos anuales considerados fueron:

**Transporte subcontratado (C\$39,000,000):** calculado en dos abastecimientos semanales al tanque con un costo de C\$375,000 por viaje.

**Mano de obra (C\$16,200,000):** compuesta por tres pisteros en turnos de 8 horas con un salario bruto de C\$450,000 mensuales.

**Seguros (C\$12,000,000):** correspondientes a una póliza mensual adicional por el carácter inflamable del producto.

**Mantenimiento (C\$3,000,000):** estimado en servicios preventivos cada cuatro meses (limpieza, filtros, entre otros).

**Imprevistos (C\$1,560,000):** calculados como el 5% de mano de obra, seguros y mantenimiento, excluyendo transporte por tratarse de un servicio subcontratado cuyos riesgos se trasladan al proveedor.

El beneficio neto anual resultante es de C\$13,780,000. Con una inversión inicial de C\$22,000,000, el proyecto arroja un VAN de C\$24,192,697 y una TIR de 56%, superiores al costo de capital asumido. El periodo simple de recuperación se estima en aproximadamente 1 año y 7 meses, lo que confirma su conveniencia financiera.

El resultado de un VAN positivo y una TIR superior al 15% confirma la viabilidad económica de la inversión, demostrando que el proyecto no solo recupera el capital, sino que también genera valor adicional para la empresa.

Los resultados antes mencionados se pueden observar en la ilustración 25

Ilustración 30 Cálculo TIR Y VAN Inversión Propia

Consumo semanal	23 500,00						
Consumo anual	1 222 000,00						
Margen por litro	70						
Ahorro estimado	85 540 000,00						
N	5						
Tasa	15%						
Años	Inversión Inicial	Transporte	Mano obra	Seguros	Mantenimientos	Imprevistos 5%	Subtotal
Año 0	-22 000 000,00						-22 000 000,00
Año 1	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	13 780 000,00
Año 2	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	13 780 000,00
Año 3	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	13 780 000,00
Año 4	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	13 780 000,00
Año 5	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	13 780 000,00
Van							24 192 697,25
TIR							56%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2.4 Análisis económico con financiamiento bancario

En caso de que la empresa no disponga de los recursos propios para realizar la inversión inicial, se evaluó el escenario con financiamiento bancario. Se consideró un préstamo en colones a 5 años con una tasa del 17% anual y el 3.5% de desembolso, lo que genera una cuota fija aproximada de ₡565,895 mensuales.

Los beneficios económicos por compra de combustible directamente al proveedor RECOPE se mantienen en ₡85,540,000 anuales (margen de ₡70/litro sobre un consumo de 1,222,000 litros). A estos ingresos se descuentan los costos operativos anuales:

**Transporte subcontratado:** ₡39,000,000 (dos viajes por semana a ₡375,000 cada uno).

**Mano de obra:** ₡16,200,000 (tres pisteros con salario bruto de ₡450,000 mensuales).

**Seguros:** ₡12,000,000 (póliza anual adicional).

**Mantenimientos:** ₡3,000,000 (limpieza y cambio de filtros cada cuatro meses).

**Imprevistos:** ₡1,560,000 (5% sobre mano de obra, seguros y mantenimiento).

**Cuota bancaria:** ¢565,895 anuales (por efecto del financiamiento).

El beneficio neto anual bajo estas condiciones se estima en ¢6,989,260.00 Con estos flujos, el proyecto presenta un VAN de ¢23,429,083.54 a una tasa de descuento del 15%.

En la ilustración 26 se pueden observar dichos cálculos:

*Ilustración 31 TIR Y VAN Financiamiento externo*

Consumo semanal	23 500,00								
Consumo anual	1 222 000,00								
Margen por litro	70								
Ahorro estimado	85 540 000,00								
N	5								
Tasa	15%								
Año	Beneficios Económico	Transporte	Mano obra	Seguros	Mantenimientos	Imprevistos 5%	Cuota Bancaria	Subtotal	
Año 1	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	6 790 740,00	6 989 260,00	
Año 2	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	6 790 740,00	6 989 260,00	
Año 3	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	6 790 740,00	6 989 260,00	
Año 4	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	6 790 740,00	6 989 260,00	
Año 5	85 540 000,00	39 000 000,00	16 200 000,00	12 000 000,00	3 000 000,00	1 560 000,00	6 790 740,00	6 989 260,00	
Van									¢23 429 083,54

Fuente: Elaboración Propia

Este resultado demuestra que, aun con financiamiento bancario, la inversión sigue siendo rentable, pues el VAN es positivo y los beneficios se mantienen durante el horizonte de evaluación. Esto otorga flexibilidad a la empresa, que puede implementar la mejora ya sea con recursos propios o mediante crédito, sin comprometer la viabilidad del proyecto.

### 5.3.2.5 Sostenibilidad de la solución en el tiempo

La sostenibilidad se garantiza aplicando el Ciclo de Deming (PHVA: Planear, Hacer, Verificar, Actuar), a continuación, se indica las actividades en cada fase:

**Planear:** establecer protocolos de abastecimiento, mantenimiento y control de consumos, con indicadores claros de desempeño.

**Hacer:** ejecutar las operaciones de carga, registro de consumos y mantenimientos preventivos conforme al plan definido.

**Verificar:** auditar periódicamente los registros de consumo y costos asociados, identificando desviaciones frente a los objetivos planteados.

**Actuar:** aplicar medidas correctivas y de mejora continua (ajustes en frecuencia de mantenimientos, renegociación con proveedores o capacitación al personal).

Este ciclo asegura que el proyecto no se limite a una inversión inicial, sino que mantenga su vigencia, eficiencia y aporte de valor en el tiempo, adaptándose a cambios internos y externos.

El análisis realizado en este capítulo permitió evaluar la factibilidad económica y la sostenibilidad operativa de la propuesta de mejora, identificando tanto los beneficios financieros como los mecanismos de control que garantizan su permanencia en el tiempo. Con ello se concluye la fase de desarrollo y validación de la alternativa planteada, dejando preparado el terreno para el capítulo siguiente, en el cual se presentarán las conclusiones y recomendaciones generales del estudio.

## **6. Capitulo VI**

## 6.1 Conclusiones

- La metodología aplicada fue DMAIC, con herramientas estadísticas y de análisis de procesos.
- El rendimiento promedio de las unidades se determinó en 2 km/litro de diésel.
- El proceso actual consta de 16 actividades, siendo la n°9 (abastecimiento) la más crítica.
- El KPI CRC/km presentó un promedio de ¢318/km, con una desviación estándar de ¢29,21, y una distribución normal ( $p=0.062$ ).
- El mayor consumo de combustible se concentró en los tres primeros trimestres del 2023.
- La causa raíz del problema fue la falta de estandarización en el proceso de abastecimiento.
- El nuevo diagrama incluye 20 actividades, incorporando un protocolo con registro estandarizado y definición de estaciones de servicio.
- La implementación del protocolo permitirá mejorar la puntualidad en un 10% y reducir penalidades por aproximadamente ¢900 mil al año.

La alternativa del tanque de autoconsumo de 10,000 litros generará:

- Bajo inversión propia: beneficio neto anual = ¢13,7 millones, VAN = ¢24 millones, TIR = 56%.
- Bajo financiamiento bancario: VAN = ¢23 millones.
- El ahorro anual por compra directa a RECOPE se estimó en ¢85,540,000.

Beneficios por horizonte de tiempo:

- Corto plazo (0–1 año): reducción de penalidades = ¢900,000/año, incremento en puntualidad del 10%.
- Mediano plazo (2–3 años): ahorro neto anual = ¢13,7 millones por tanque.
- Largo plazo (4–5 años): sostenibilidad mediante indicadores, control de abastecimiento y VAN acumulado de ¢23–24 millones.

## 6.2 Recomendaciones

- Implementar de forma prioritaria el protocolo formal de abastecimiento y el sistema de KPIs, asegurando capacitación del personal y revisión mensual de resultados.
- Establecer metas iniciales para cada KPI y revisarlas de manera periódica, ajustando los estándares conforme se acumule historial de datos.
- En caso de no desarrollar la aplicación digital de inmediato, utilizar herramientas existentes en el mercado (aplicaciones de control de combustible o sistemas GPS) para dar trazabilidad al abastecimiento y seguimiento de rutas.
- Preparar los estudios técnicos y permisos necesarios para la instalación del tanque de autoconsumo, de manera que la empresa esté lista para ejecutar esta inversión en el momento que cuente con los recursos.
- Garantizar la sostenibilidad de las soluciones mediante la aplicación del ciclo de Deming (PDCA), integrando la retroalimentación como parte de la cultura organizacional.
- Dar seguimiento a los resultados de manera trimestral en comité de operaciones, de forma que las mejoras no se perciban como iniciativas aisladas sino como parte de la estrategia de competitividad de la empresa.

- Mientras la empresa valora y gestiona los recursos necesarios para el desarrollo de una aplicación propia de registro y control de abastecimiento, se recomienda implementar de forma temporal una aplicación comercial disponible en el mercado, que permita digitalizar los registros y dar trazabilidad al proceso.
- Una opción viable es Fleetio Go, que ofrece registro de combustible, kilometraje, inspecciones de unidades y reportes de desempeño en tiempo real. Esta herramienta es compatible con dispositivos iOS y Android y no requiere una inversión inicial significativa, lo que la convierte en una alternativa práctica mientras se concreta la inversión en una solución interna definitiva. En el anexo número 2 se muestra la pantalla principal de dicha aplicación.

### **6.3 Apéndices**

Para el análisis económico de la propuesta de instalación de un tanque de almacenamiento de combustible, fue necesario considerar la evolución de los precios del diésel en Costa Rica durante los últimos años.

En el Apéndice 1 se presenta un cuadro con los precios históricos publicados por RECOPE entre diciembre de 2022 y diciembre de 2024.

Esta información permitió calcular el ahorro potencial al comparar el precio mayorista (plantel) frente al precio final en estaciones de servicio, lo cual constituye la base para estimar el margen económico de la propuesta.

Apéndice 1 Precios históricos de diésel en Costa Rica (2022–2024)

**RECOPE**

## PRECIOS HISTÓRICOS

Del 8 De Diciembre del 2022 al 31 Diciembre 2024

Fecha de cambio					Nº Gaceta	DIESEL 50		
						Precio Plantel	Impuesto Único	Precio Cons.Final
08 DE DICIEMBRE DEL 2022	8/12/2022	Semana	50	Semana 50	234	616,6500	157,7500	846,0000
16 DE ENERO DEL 2023	16/1/2023	Semana	3	Semana 03	6	521,6300	157,7500	750,0000
03 DE FEBRERO DEL 2023	3/2/2023	Semana	5	Semana 05	20	519,0400	157,7500	748,0000
14 DE FEBRERO DEL 2023	14/2/2023	Semana	7	Semana 07	27	519,0400	157,0000	747,0000
08 DE MARZO DEL 2023	8/3/2023	Semana	10	Semana 10	43	489,2600	157,0000	717,0000
24 DE MARZO DEL 2023	24/3/2023	Semana	12	Semana 12	55	473,2000	157,0000	701,0000
31 DE MARZO DEL 2023	31/3/2023	Semana	13	Semana 13	60	405,8400	157,0000	634,0000
09 DE MAYO DEL 2023	9/5/2023	Semana	19	Semana 19	80	408,9300	157,0000	637,0000
11 DE MAYO DEL 2023	11/5/2023	Semana	19	Semana 19	82	408,9300	155,5000	636,0000
06 DE JUNIO DEL 2023	6/6/2023	Semana	23	Semana 23	100	356,3300	155,5000	583,0000
03 DE JULIO DEL 2023	3/7/2023	Semana	27	Semana 27	119	347,5300	155,5000	574,0000
09 DE AGOSTO DEL 2023	9/8/2023	Semana	32	Semana 32	144	363,9000	155,5000	591,0000
15 DE AGOSTO DEL 2023	15/8/2023	Semana	33	Semana 33	147	363,9000	154,5000	590,0000
06 DE SETIEMBRE DEL 2023	6/9/2023	Semana	36	Semana 36	163	408,8500	154,5000	634,0000
04 DE OCTUBRE DEL 2023	4/10/2023	Semana	40	Semana 40	182	478,9100	154,5000	705,0000
08 DE NOVIEMBRE DEL 2023	8/9/2023	Semana	36	Semana 36	207	488,5000	154,2500	714,0000
06 DE DICIEMBRE DEL 2023	6/12/2023	Semana	49	Semana 49	226	465,3300	154,2500	691,0000
15 DE DICIEMBRE DEL 2023	15/12/2023	Semana	50	Semana 50	233	465,4400	154,2500	691,0000
08 DE ENERO DEL 2024	8/1/2024	Semana	2	Semana 02	1	407,0400	154,2500	632,0000
06 DE FEBRERO DEL 2024	6/2/2024	Semana	6	Semana 06	22	383,3900	154,2500	609,0000
05 DE MARZO DEL 2024	5/3/2024	Semana	10	Semana 10	42	412,6400	154,2500	638,0000
11 DE ABRIL DEL 2024	11/4/2024	Semana	15	Semana 15	64	412,9300	154,2500	638,0000
07 DE MAYO DEL 2024	7/5/2024	Semana	19	Semana 19	80	412,9300	153,7500	638,0000
07 DE MAYO DEL 2024	7/5/2024	Semana	19	Semana 19	80	399,5100	153,7500	624,0000
10 DE JUNIO DEL 2024	10/6/2024	Semana	24	Semana 24	104	386,2100	153,7500	611,0000
12 DE JULIO DEL 2024	12/7/2024	Semana	28	Semana 28	128	375,0900	153,7500	600,0000
30 DE JULIO DEL 2024	30/7/2024	Semana	31	Semana 31	138	375,0900	154,5000	601,0000
07 DE AGOSTO DEL 2024	7/8/2024	Semana	32	Semana 32	144	392,9000	154,5000	619,0000
30 DE AGOSTO DEL 2024	30/8/2024	Semana	35	Semana 35	160	370,9800	154,5000	597,0000
09 DE Octubre DEL 2024	9/10/2024	Semana	41	Semana ,41	188	339,0400	154,5000	565,0000

Fuente: RECOPE (Elaboración propia con base en publicaciones oficiales)

El siguiente cuadro presenta el detalle del consumo de combustible semanal registrado en el periodo 2023-2024, junto con los precios históricos de RECOPE, el margen aplicado por estaciones de servicio, los kilómetros estimados recorridos y el costo total semanal.

Estos datos fueron utilizados como insumo para los análisis económicos desarrollados en el Capítulo 5, ya que permiten proyectar el impacto financiero de implementar un sistema de

abastecimiento interno frente al esquema actual de compra en estaciones externas. Asimismo, la información evidencia la variabilidad de precios y el efecto directo que tienen sobre los costos operativos de la empresa.

## Apéndice 2 Consumo semanal de combustible y costos asociados

SEMANAS	MONTOS CRC	Mes	Año	Precio Vigente	Recopce	Precio Estación	Margen Estacion	Consumo en Litros	KM Estimados	Costo
SEMANA 01	19 945 386.11	Enero	2023	774.40	846.00	71.60	23 576.11	47 152.21	423.00	
SEMANA 02	38 800 596.61	Enero	2023	774.40	846.00	71.60	45 863.59	91 727.18	423.00	
SEMANA 03	29 974 951.08	Enero	2023	679.38	750.00	70.62	39 966.60	79 933.20	375.00	
SEMANA 04	26 363 188.01	Enero	2023	679.38	750.00	70.62	35 150.92	70 301.83	375.00	
SEMANA 05	30 416 091.20	Enero	2023	676.79	748.00	71.21	40 663.22	81 326.45	374.00	
SEMANA 06	23 614 959.11	Febrero	2023	676.79	748.00	71.21	31 570.80	63 141.60	374.00	
SEMANA 07	25 323 001.65	Febrero	2023	676.04	747.00	70.96	33 899.60	67 799.20	373.50	
SEMANA 08	23 911 938.02	Febrero	2023	676.04	747.00	70.96	32 010.63	64 021.25	373.50	
SEMANA 09	25 924 615.20	Febrero	2023	676.04	747.00	70.96	34 704.87	69 409.85	373.50	
SEMANA 10	28 406 334.74	Marzo	2023	646.26	717.00	70.74	39 618.32	79 236.64	358.50	
SEMANA 11	22 712 762.83	Marzo	2023	646.26	717.00	70.74	31 677.49	63 354.99	358.50	
SEMANA 12	24 011 176.93	Marzo	2023	630.20	701.00	70.80	34 252.75	68 505.50	350.50	
SEMANA 13	24 925 849.79	Marzo	2023	562.84	634.00	71.16	39 315.22	78 630.44	317.00	
SEMANA 14	13 258 382.60	Abril	2023	562.84	634.00	71.16	20 912.28	41 824.55	317.00	
SEMANA 15	18 317 580.47	Abril	2023	562.84	634.00	71.16	28 892.08	57 784.17	317.00	
SEMANA 16	17 358 831.79	Abril	2023	562.84	634.00	71.16	27 379.86	54 759.72	317.00	
SEMANA 17	17 038 779.08	Abril	2023	562.84	634.00	71.16	26 875.05	53 750.09	317.00	
SEMANA 18	13 350 589.52	Abril	2023	562.84	634.00	71.16	21 057.71	42 115.42	317.00	
SEMANA 19	14 553 528.53	Mayo	2023	565.93	637.00	71.07	22 847.45	45 694.91	318.50	
SEMANA 20	16 361 984.40	Mayo	2023	565.93	637.00	71.07	25 686.00	51 372.01	318.50	
SEMANA 21	14 472 459.24	Mayo	2023	565.93	637.00	71.07	22 719.72	45 439.43	318.50	
SEMANA 22	17 433 660.84	Mayo	2023	565.93	637.00	71.07	27 368.38	54 736.77	318.50	
SEMANA 23	16 743 808.50	Junio	2023	511.83	583.00	71.17	28 720.08	57 440.17	291.50	
SEMANA 24	12 672 375.36	Junio	2023	511.83	583.00	71.17	21 736.49	43 472.99	291.50	
SEMANA 25	13 695 564.88	Junio	2023	511.83	583.00	71.17	23 491.53	46 983.07	291.50	
SEMANA 26	10 616 545.37	Junio	2023	511.83	583.00	71.17	18 210.20	36 420.40	291.50	
SEMANA 27	13 359 395.09	Julio	2023	503.03	574.00	70.97	23 274.21	46 548.41	287.00	
SEMANA 28	13 756 151.50	Julio	2023	503.03	574.00	70.97	23 965.42	47 930.84	287.00	
SEMANA 29	11 132 726.49	Julio	2023	503.03	574.00	70.97	19 394.99	38 789.99	287.00	
SEMANA 30	17 728 125.52	Julio	2023	503.03	574.00	70.97	20 946.17	41 892.34	287.00	
SEMANA 31	13 330 516.60	Julio	2023	503.03	574.00	70.97	23 223.90	46 447.79	287.00	
SEMANA 32	14 478 284.53	Agosto	2023	519.40	591.00	71.60	24 497.94	48 995.89	295.50	
SEMANA 33	13 163 218.46	Agosto	2023	518.40	590.00	71.60	22 310.54	44 621.08	295.00	
SEMANA 34	15 147 880.50	Agosto	2023	518.40	590.00	71.60	25 674.37	51 348.75	295.00	
SEMANA 35	13 437 329.10	Agosto	2023	518.40	590.00	71.60	22 775.13	45 550.27	295.00	
SEMANA 36	17 304 423.11	Septiembre	2023	563.35	634.00	70.65	27 294.04	54 588.09	317.00	
SEMANA 37	18 395 836.30	Septiembre	2023	563.35	634.00	70.65	29 015.51	58 031.03	317.00	
SEMANA 38	19 961 507.05	Septiembre	2023	563.35	634.00	70.65	31 485.03	62 970.05	317.00	
SEMANA 39	15 332 553.24	Septiembre	2023	563.35	634.00	70.65	24 183.84	48 367.68	317.00	
SEMANA 40	14 891 911.06	Octubre	2023	633.41	705.00	71.59	21 153.31	42 306.61	352.50	
SEMANA 41	19 301 610.09	Octubre	2023	633.41	705.00	71.59	27 378.18	54 756.37	352.50	
SEMANA 42	21 247 149.99	Octubre	2023	633.41	705.00	71.59	30 137.80	60 275.60	352.50	
SEMANA 43	19 123 926.15	Octubre	2023	633.41	705.00	71.59	27 126.14	54 252.27	352.50	
SEMANA 44	20 156 299.32	Octubre	2023	633.41	705.00	71.59	28 590.50	57 180.99	352.50	
SEMANA 45	17 345 529.00	Noviembre	2023	633.41	705.00	71.59	24 603.59	49 207.17	352.50	
SEMANA 46	13 573 496.55	Noviembre	2023	633.41	705.00	71.59	19 253.19	38 506.37	352.50	
SEMANA 47	19 012 260.37	Noviembre	2023	633.41	705.00	71.59	26 967.75	53 935.49	352.50	
SEMANA 48	22 954 709.84	Noviembre	2023	633.41	705.00	71.59	32 559.87	65 119.74	352.50	
SEMANA 49	19 674 964.26	Diciembre	2023	619.58	691.00	71.42	28 473.18	56 946.35	345.50	
SEMANA 50	19 936 357.43	Diciembre	2023	619.58	691.00	71.42	25 916.58	51 833.16	345.50	
SEMANA 51	17 728 325.52	Diciembre	2023	619.58	691.00	71.42	25 742.87	51 485.75	345.50	
SEMANA 52	15 763 721.06	Diciembre	2023	619.58	691.00	71.42	22 812.91	45 625.82	345.50	
SEMANA 01	14 624 979.46	Enero	2024	619.58	691.00	71.42	21 164.95	42 329.90	345.50	
SEMANA 02	19 733 054.08	Enero	2024	561.29	632.00	70.71	31 223.19	62 446.37	316.00	
SEMANA 03	16 545 344.28	Enero	2024	561.29	632.00	70.71	26 179.34	52 358.68	316.00	
SEMANA 04	17 989 231.02	Enero	2024	561.29	632.00	70.71	28 463.97	56 927.95	316.00	
SEMANA 05	18 503 746.71	Enero	2024	561.29	632.00	70.71	29 278.08	58 556.16	316.00	
SEMANA 06	16 525 007.20	Febrero	2024	537.64	609.00	71.36	27 134.66	54 269.32	304.50	
SEMANA 07	16 453 493.50	Febrero	2024	537.64	609.00	71.36	27 017.23	54 034.46	304.50	
SEMANA 08	16 387 752.64	Febrero	2024	537.64	609.00	71.36	26 909.30	53 818.60	304.50	
SEMANA 09	17 621 038.51	Febrero	2024	537.64	609.00	71.36	28 934.38	57 867.76	304.50	
SEMANA 10	14 568 528.94	Marzo	2024	566.89	638.00	71.11	22 834.68	45 669.37	319.00	
SEMANA 11	16 146 324.51	Marzo	2024	566.89	638.00	71.11	25 307.72	50 615.44	319.00	
SEMANA 12	16 107 564.07	Marzo	2024	566.89	638.00	71.11	25 246.97	50 493.93	319.00	
SEMANA 13	18 347 949.95	Marzo	2024	566.89	638.00	71.11	28 758.54	57 517.08	319.00	
SEMANA 14	15 259 292.26	Marzo	2024	566.89	638.00	71.11	23 917.39	47 834.77	319.00	
SEMANA 15	18 773 766.71	Abril	2024	567.18	638.00	70.82	29 425.97	58 851.93	319.00	
SEMANA 16	16 888 573.70	Abril	2024	567.18	638.00	70.82	26 471.12	52 942.24	319.00	
SEMANA 17	19 593 930.88	Abril	2024	567.18	638.00	70.82	30 711.49	61 422.98	319.00	
SEMANA 18	15 399 391.88	Abril	2024	567.18	638.00	70.82	24 136.98	48 273.96	319.00	
SEMANA 19	19 836 624.02	Mayo	2024	566.68	638.00	71.32	25 422.61	50 845.22	319.00	
SEMANA 20	14 377 795.74	Mayo	2024	566.68	638.00	71.32	22 535.73	45 071.46	319.00	
SEMANA 21	19 362 239.06	Mayo	2024	566.68	638.00	71.32	30 348.34	60 696.67	319.00	
SEMANA 22	10 269 177.08	Mayo	2024	566.68	638.00	71.32	16 095.89	32 191.78	319.00	
SEMANA 23	15 651 466.87	Junio	2024	566.68	638.00	71.32	24 532.08	49 064.16	319.00	
SEMANA 24	7 820 467.96	Junio	2024	539.96	611.00	71.04	12 799.46	25 598.91	305.50	
SEMANA 25	5 303 395.04	Junio	2024	539.96	611.00	71.04	8 679.86	17 359.72	305.50	
SEMANA 26	8 781 338.84	Junio	2024	539.96	611.00	71.04	14 372.08	28 744.15	305.50	
SEMANA 27	9 741 370.61	Junio	2024	539.96	611.00	71.04	15 943.32	31 886.65	305.50	
SEMANA 28	9 699 558.00	Julio	2024	528.84	600.00	71.16	16 165.93	32 331.86	300.00	
SEMANA 29	8 710 382.07	Julio	2024	528.84	600.00	71.16	14 517.30	29 034.61	300.00	
SEMANA 30	10 173 296.25	Julio	2024	528.84	600.00	71.16	16 955.49	33 910.99	300.00	
SEMANA 31	8 181 577.28	Julio	2024	529.59	601.00	71.41	13 613.27	27 226.55	300.50	
SEMANA 32	11 028 692.30	Agosto	2024	547.40	619.00	71.60	17 816.95	35 633.90	309.50	
SEMANA 33	8 520 809.20	Agosto	2024	547.40	619.00	71.60	13 765.44	27 530.89	309.50	
SEMANA 34	8 227 014.54	Agosto	2024	547.40	619.00	71.60	13 290.82	26 581.63	309.50	
SEMANA 35	7 760 690.90	Agosto	2024	525.48	597.00	71.52	12 999.48	25 998.96	298.50	
SEMANA 36	6 590 003.46	Septiembre	2024	525.48	597.00	71.52	11 038.53	22 077.06	298.50	
SEMANA 37	6 920 425.81	Septiembre	2024	525.48	597.00	71.52	11 592.00	23 184.01	298.50	
SEMANA 38	8 891 489.30	Septiembre	2024	525.48	597.00	71.52	14 893.62	29 787.23	298.50	
SEMANA 39	9 095 612.40	Septiembre	2024	525.48	597.00	71.52	15 235.53	30 471.06	298.50	
SEMANA 40	8 581 168.70	Septiembre	2024	525.48	597.00	71.52	11 029.73	22 047.47	298.50	
SEMANA 41	8 256 083.25	Octubre	2024	525.48	597.00	71.52	13 829.29	27 658.57	298.50	
SEMANA 42	8 737 821.34	Octubre	2024	493.54	565.00	71.46	15 465.17	30 930.34	282.50	
SEMANA 43	8 554 949.68	Octubre	2024	493.54	565.00	71.46	15 141.50	30 283.01	282.50	
SEMANA 44	8 443 468.17	Octubre	2024	493.54	565.00	71.46	14 944.19	29 888.38	282.50	
SEMANA 45	8 073 377.89	Noviembre	2024	493.54	565.00	71.46	14 289.16	28 578.33	282.50	
SEMANA 46	8 073 357.72	Noviembre	2024	493.54	565.00	71.46	14 289.13	28 578.26	282.50	
SEMANA 47	7 991 494.60	Noviembre	2024	493.54	565.00	71.46	14 144.24	28 288.48	282.50	
SEMANA 48	8 667 139.16	Noviembre	2024	493.54	565.00	71.46	15 340.07	30 680.14	282.50	
SEMANA 49	8 445 522.07	Diciembre	2024	493.54	565.00	71.46	14 947.83</			

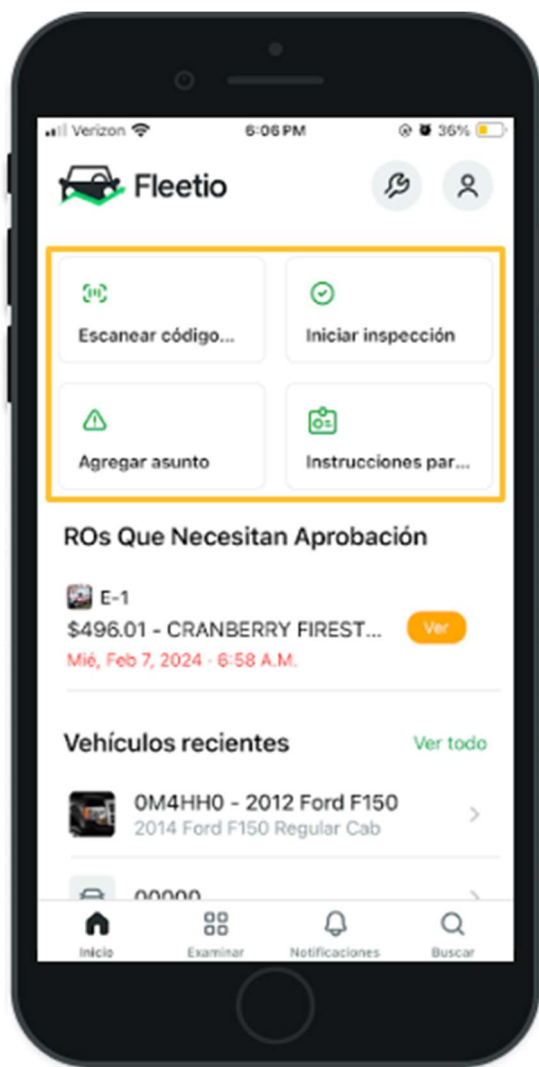
## 6.4 Anexos

Anexo 1 Documento oficial de RECOPE

FORMATO  
SOLICITUD COMPRA DE COMBUSTIBLE

LOGO DE LA EMPRESA DEL CLIENTE		NÚMERO CONSECUTIVO DE LA SOLICITUD	
CÉDULA JURÍDICA DE LA EMPRESA		CÓDIGO CLIENTE	
<b>PRODUCTOS</b>	<b>COMPARTIMIENTO</b>	<b>CANTIDAD (LITROS)</b>	
Nombre de Producto			
Nombre de Producto			
Nombre de Producto			
Los productos solicitados serán retirados por:			
NOMBRE EMPRESA TRANSPORTISTA: _____		FECHA DE RETIRO: _____	
CÓDIGO EMPRESA TRANSPORTISTA: _____			
PLACA REMOLQUE: _____		PLACA CAMIÓN: _____	
NOMBRE DEL CONDUCTOR: _____			
NÚMERO DE CÉDULA DEL CONDUCTOR: _____		NÚMERO CÓDIGO VIRTUAL: _____	
NOMBRE PERSONA AUTORIZADA PARA FIRMAR		FIRMA	
NÚMERO DE CÉDULA			

Fuente: ( [www.recope.go.cr](http://www.recope.go.cr), s.f.)

*Anexo 2 App Sugerida Fletio*

Fuente: ( <https://help.fleetio.com/>, s.f.)

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	17/2/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									

HORA DE INICIO
13:45

HORA DE CIERRE
14:45

PUNTUALIDAD
10

#### TEMAS TRATADOS :

En la primera tutoría se establecieron las pautas generales de trabajo para el desarrollo de la tesis. Se revisó la estructura del documento, los lineamientos de la Universidad y el enfoque metodológico a seguir.

#### ACUERDOS:

Se acordó que para la siguiente sesión el estudiante debía presentar un avance sustancial en los tres primeros capítulos (introducción, marco teórico y metodología), con el fin de contar con una base sólida sobre la cual continuar el proyecto

#### AVANCES

Al ser la primera sesión de tutoría, no se reportaron avances de capítulos redactados. Sin embargo, se consolidó el plan de trabajo

#### LIMITACIONES

No se identificaron limitaciones relevantes en esta etapa

<b>PROXIMA SESIÓN :</b>	<b>FECHA</b>	5/3/2024	<b>HORA</b>	08:30	<b>LUGAR</b>	Virtual
-------------------------	--------------	----------	-------------	-------	--------------	---------

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	5/3/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
08:30	09:30	10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisaron los tres primeros capítulos de la tesis, con especial énfasis en el Capítulo 3 (Metodología). Se discutieron las observaciones de la tutora respecto a la claridad en la redacción y la coherencia con los objetivos planteados.

#### ACUERDOS:

Se estableció como acuerdo principal la revisión detallada del Capítulo 3, incorporando las correcciones señaladas por la tutora. Además, se definió realizar un ajuste en la redacción de los objetivos general y específicos, de manera que quedaran alineados con el alcance del proyecto y con las herramientas metodológicas seleccionadas.

#### AVANCES

Se presentó el borrador de los tres primeros capítulos. Sin embargo, se evidenció la necesidad de fortalecer la redacción de los objetivos y algunos apartados metodológicos

#### LIMITACIONES

No se identificaron limitaciones relevantes en esta etapa

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA | 25/7/2025 | HORA | 19:30 | LUGAR | Virtual

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	25/7/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
19:00	20:00	10

#### TEMAS TRATADOS :

Durante esta sesión se revisaron nuevamente los objetivos del proyecto con el fin de reforzar su claridad. Integrar un KPI que permitiera mejorar la fase de medición. Asimismo, se acordó trasladar el diagrama SIPOC al Capítulo 4, con el propósito de alinearlo a la fase de Medición de la metodología DMAIC. También se analizó la necesidad de sustituir el diagrama de Ishikawa por una versión mejorada en el Capítulo 4

#### ACUERDOS:

Se estableció como acuerdo principal la modificación de los objetivos para incluir un KPI cuantificable dentro de la medición. Además, se definió reubicar el SIPOC en el Capítulo 4, rediseñar el diagrama de Ishikawa

#### AVANCES

Se presentarán los ajustes preliminares a los capítulos revisados, evidenciando disposición a integrar los cambios solicitados.

#### LIMITACIONES

La principal limitación detectada fue la falta de profundidad en el desarrollo de las herramientas utilizadas.

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA | 1/8/2025 | HORA | 19:30 | LUGAR | Virtual

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	1/8/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
19:30	20:30	10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisó nuevamente el Capítulo 4, con énfasis en la necesidad de dar mayor sustento a los cálculos presentados para evidenciar de forma más clara el planteamiento del problema. Se discutió la corrección del diagrama de Pareto y la incorporación de técnicas estadísticas adicionales, tales como gráficos de correlación de Pearson, diagramas de dispersión y otros recursos que aporten respaldo cuantitativo a los análisis realizados.

#### ACUERDOS:

Se acordó fortalecer el Capítulo 4 mediante la justificación detallada de los cálculos empleados, garantizando coherencia con los datos y objetivos del proyecto. Asimismo, se definió corregir el diagrama de Pareto y ampliar el apartado estadístico, integrando herramientas visuales como gráficos de correlación y dispersión, con el fin de mejorar la interpretación y validación de los resultados.

#### AVANCES

Se identificó un progreso en la recopilación de datos, aunque todavía es necesario incorporar los análisis estadísticos solicitados y dar mayor profundidad al sustento matemático de los cálculos presentados.

#### LIMITACIONES

La principal limitación radica en la ausencia de análisis estadísticos completos en esta etapa, lo que impide aún demostrar con datos sólidos la magnitud del problema.

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA | 13/8/2025 | HORA | 19:30 | LUGAR | Virtual

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	13/8/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

<b>HORA DE INICIO</b>	<b>HORA DE CIERRE</b>	<b>PUNTUALIDAD</b>
20:00	21:00	10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisaron las correcciones aplicadas al Capítulo 4, en particular la inclusión de análisis estadísticos que permitieron medir y evidenciar de forma más clara el problema identificado en el proceso de abastecimiento.

#### ACUERDOS:

Se acordó dar por concluido el Capítulo 4, al cumplir con los ajustes solicitados en tutorías anteriores e incorporar la estadística requerida para sustentar el problema. Además, se estableció la autorización para avanzar con el desarrollo del Capítulo 5, centrado en la fase de mejora de la metodología DMAIC.

#### AVANCES

El estudiante presentó el Capítulo 4 corregido, incluyendo análisis estadísticos como medidas de tendencia central, dispersión y correlaciones, que respaldan los hallazgos del diagnóstico. Gracias a estos ajustes, el capítulo fue aprobado

#### LIMITACIONES

No se identificaron limitaciones significativas en esta sesión, dado que los requerimientos planteados previamente fueron atendidos de manera satisfactoria.

<b>PROXIMA SESIÓN :</b>	<b>FECHA</b>	22/8/2025	<b>HORA</b>	19:30	<b>LUGAR</b>	Virtual
-------------------------	--------------	-----------	-------------	-------	--------------	---------

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	22/8/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

HORA DE INICIO
20:00

HORA DE CIERRE
21:00

PUNTUALIDAD
10

#### TEMAS TRATADOS :

Durante esta sesión se discutió el desarrollo del Capítulo 5. Se identificó que el protocolo de abastecimiento propuesto no estaba definido con suficiente detalle, lo que limitaba la claridad de la solución planteada. Además, se señaló la necesidad de uniformar los diagramas de procesos utilizando verbos en infinitivo. Finalmente, se revisó el cálculo de los indicadores financieros (TIR y VAN) de las propuestas

#### ACUERDOS:

Redefinir con mayor precisión el protocolo formal de abastecimiento, incluyendo sus actividades, responsables y controles asociados.  
Corregir los diagramas de proceso, ajustando las actividades a redacción en infinitivo.  
Recalcular y documentar adecuadamente los indicadores financieros (TIR y VAN) de las propuestas presentadas.

#### AVANCES

Se presentó un borrador del Capítulo 5 que demuestra progreso en la estructuración de las alternativas de mejora. Aunque se requiere mayor nivel de detalle en algunos apartados, la base del trabajo fue validada como un avance importante para continuar con las correcciones solicitadas.

#### LIMITACIONES

La principal limitación identificada es la falta de definición precisa del protocolo de abastecimiento y la ausencia de consistencia en los diagramas de procesos, lo cual retrasó la aprobación inmediata del Capítulo 5

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA 27/8/2025 HORA 08:30 LUGAR Virtual

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	27/8/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
08:30	09:00	10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisaron las correcciones realizadas al Capítulo 5, con especial énfasis en el plan de abastecimiento propuesto, la integración de los indicadores financieros (TIR y VAN) y la actualización de los diagramas de procesos.

#### ACUERDOS:

Se aprueba el Capítulo 5 en lo relativo al plan de abastecimiento, al quedar debidamente estructurado y documentado.  
Se validan los cálculos de TIR y VAN como correctos y consistentes con el análisis económico planteado.  
Se acepta la modificación de los diagramas de procesos, los cuales ahora presentan las actividades redactadas en verbo infinitivo y con numeración, El acuerdo principal es dar por concluido el Capítulo 5, permitiendo avanzar hacia la elaboración del Capítulo 6.

#### AVANCES

El estudiante presentó el Capítulo 5 con las correcciones integradas, logrando la aprobación de este apartado. Con ello se cierra formalmente la fase de mejora dentro de la metodología DMAIC, quedando listas las bases para redactar las conclusiones finales del proyecto.

#### LIMITACIONES

No se reportaron limitaciones significativas en esta sesión

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA 29/8/2025 HORA 19:30 LUGAR Virtual

*Joan Jiménez García*  
Joan Jiménez García

Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	29/8/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
19:30	20:15	

#### TEMAS TRATADOS :

Durante esta sesión se revisó el contenido preliminar del Capítulo 6 (Conclusiones y Recomendaciones). Se detectó que las conclusiones elaboradas no estaban debidamente aterrizadas en datos numéricos ni en indicadores específicos. Se evidenció la necesidad de que cada conclusión refleje de manera cuantitativa los resultados alcanzados y evidencie la relación con los objetivos generales y específicos definidos al inicio de la investigación.

#### ACUERDOS:

Reformular las conclusiones incorporando datos numéricos clave, tales como:  
 Promedio de costo por kilómetro (¢318/km con desviación estándar de ¢29,21).  
 Ahorro proyectado de ¢900.000 por reducción de penalidades anuales.  
 Mejora estimada del 10% en puntualidad de entregas.  
 VAN y TIR obtenidos en los análisis económicos de las propuestas.

#### AVANCES

Se presentó un primer borrador de conclusiones, lo que permitió abrir el espacio de retroalimentación y definir los ajustes necesarios.

#### LIMITACIONES

La principal limitación radica en la falta de integración de datos numéricos concretos en las conclusiones.

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA 3/9/2025 HORA 19:30 LUGAR Virtual

*Joan Jiménez García*  
 Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
 Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	3/9/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

<b>HORA DE INICIO</b>
11:00

<b>HORA DE CIERRE</b>
11:45

<b>PUNTUALIDAD</b>
10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisaron las conclusiones del capítulo 4, donde la tutora indicó la necesidad de presentarlas en formato de viñetas para dar mayor claridad y coherencia con los objetivos. También se discutieron ajustes en el resumen ejecutivo, específicamente reducir su extensión a una sola página y mejorar su redacción. Adicionalmente, se señaló la conveniencia de eliminar del marco teórico algunos apartados que no se aplicaron directamente en el desarrollo del proyecto.

#### ACUERDOS:

Reformular las conclusiones del capítulo 4 en formato de viñetas, alineándolas con los objetivos generales y específicos.  
Ajustar el resumen ejecutivo para que quede condensado en una sola página.  
Revisar y depurar el marco teórico, eliminando aquellos apartados que no tuvieron aplicación práctica en la investigación.

#### AVANCES

El documento presenta avances importantes en la consolidación de los capítulos analíticos, con especial progreso en la redacción de conclusiones preliminares y en la construcción del resumen ejecutivo. Se evidencia que el trabajo se encuentra en su fase final de ajustes, quedando pendientes las correcciones señaladas en esta sesión.

#### LIMITACIONES

Las principales limitaciones identificadas en esta sesión se relacionan con la necesidad de depurar el contenido del marco teórico y de reformular algunos apartados ya redactados (conclusiones y resumen ejecutivo)

<b>PROXIMA SESIÓN</b>	<b>FECHA</b>	6/9/2025	<b>HORA</b>	16:30	<b>LUGAR</b>	Virtual
-----------------------	--------------	----------	-------------	-------	--------------	---------

*Joan Jiménez G*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## Universidad Hispanoamericana

<b>SEDE</b>	Heredia
<b>FECHA</b>	6/9/2025
<b>LUGAR</b>	virtual

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

<b>HORA DE INICIO</b>
16:30

<b>HORA DE CIERRE</b>
17:30

<b>PUNTUALIDAD</b>
10

#### TEMAS TRATADOS :

En esta sesión se revisó la versión final del documento de tesis, verificando la incorporación de todas las correcciones solicitadas en tutorías previas. La tutora confirmó que el trabajo cumple con los lineamientos académicos y con los objetivos planteados en la investigación.

#### ACUERDOS:

Se aprobó el documento para su presentación formal al lector designado por la Universidad Hispanoamericana. Asimismo, se acordó continuar con el proceso administrativo establecido para la revisión y defensa final del proyecto

#### AVANCES

Se logró consolidar el documento final de la tesis, validado por la tutora como apto para pasar a la siguiente etapa del proceso. Con esto, se da por concluida la fase de tutorías.

#### LIMITACIONES

No se identificaron limitaciones adicionales en esta sesión dado que el documento ya fue revisado y aprobado en su versión definitiva.

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA  HORA  LUGAR

*Joan Jiménez G.*  
Joan Jiménez García

*Alina Cordero Brenes*  
Alina Marcela Cordero Brenes

## 6.5 Bibliografía

(s.f.). Obtenido de Probabilidad y estadística:

<https://www.probabilidadyestadistica.net/estadistica-descriptiva/>

(s.f.). Obtenido de SaberyPunto: <https://saberpunto.com/tecnologia/distribucion-estadistica-conceptos-y-tipos/>

(s.f.). Obtenido de learn statistics:

<https://es.statisticseasily.com/glosario/%C2%BFQu%C3%A9-es-la-prueba-de-normalidad%3F/>

(s.f.). Obtenido de Probabiliad y estadística:

<https://www.probabilidadyestadistica.net/diagrama-de-caja-y-bigotes-boxplot/#%c2%bfque-es-un-diagrama-de-caja-y-bigotes>

(s.f.). Obtenido de Academia Lab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/grafico-de-intervalos/>

(s.f.). Obtenido de Ingenio Empresa: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/>

(s.f.). Obtenido de [www.scioteca.caf.com](http://www.scioteca.caf.com):

<https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1894/Anexo%203-Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20incorporar%20la%20digitalizaci%C3%B3n%20en%20los%20proyectos%20del%20sector%20de%20la%20log%C3%ADstica.pdf>

(s.f.). Obtenido de <https://help.fleetio.com/>.

*www.recope.go.cr*. (s.f.). Obtenido de *www.recope.go.cr*

(6 de Octubre de 2020). Obtenido de APPVIZER:

<https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/dmaic>

(2021). Obtenido de Revista BILO:

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/download/5370/5166>

(2022). Obtenido de Ctscafé. :

<https://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/download/116/127>

(17 de Setiembre de 2024). Obtenido de Ingenieros Conectados:

<https://ingenierosconectados.com/que-es-ingenieria-industrial-y-para-que-sirve/>

Betancourt, D. F. (21 de Febrero de 25). *ingenioempresa*. Obtenido de

<https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/>

*camara Madrid*. (30 de Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.mba->

[madrid.com/economia/valor-actual-neto-van/](https://www.mba-madrid.com/economia/valor-actual-neto-van/)

CN. (20 de Setiembre de 2023). *crecenegocios*. Obtenido de <https://crecenegocios.com/van-y-tir/>

*contabilidad y Finanzas*. (s.f.). Obtenido de <https://contabilidadfinanzas.com/blog/tasa-interna-de-retorno-tir/>

Corvo, H. S. (13 de Julio de 2020). *lifeder*. Obtenido de lifeder:

<https://www.lifeder.com/circulo-deming/>

*creately*. (12 de Agosto de 2024). Obtenido de

<https://creately.com/es/guides/diagramas/diagrama-de-flujo-guia/>

Gehisy. (24 de Abril de 2017). Obtenido de Aprendiendo Calidad:

<https://aprendiendocalidadyadr.com/hoja-de-verificacion-o-de-chequeo/>

*liebrecapital*. (s.f.). Obtenido de <https://liebrecapital.com.ar/tasa-de-descuento-finanzas/>

MacNeil, C. (23 de Febrero de 2024). *asana*. Obtenido de asana:

<https://asana.com/es/resources/sipoc-diagram>

*Probabilidad y estadística*. (s.f.). Obtenido de

<https://www.probabilidadyestadistica.net/diagrama-de-ishikawa-diagrama-de-causa-y-efecto/#%c2%bfpara-que-sirve-el-diagrama-de-ishikawa>

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 11 de octubre 2025

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Joan Manuel Jiménez García con número de identificación 1-1155-0237 autor (a) del trabajo de graduación titulado MEJORAR EL PROCESO DE COMPRA DE COMBUSTIBLES EN LA EMPRESA TRANSPORTES BILLY DEL CARIBE UBICADO EN LA PROVINCIA DE HEREDIA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025 presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Industrial, SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



1-1155-0237

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio Institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (GENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (GENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (GENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (GENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (GENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (GENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

**SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (GENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.**

San José, 24 de setiembre de 2025

***Estimados Señores***  
***Carrera Ingeniería Industrial***  
***Universidad Hispanoamericana***

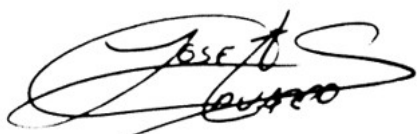
Estimados señores:

La estudiante Joan Manuel Jiménez García, cédula de identidad 1-1155-0237, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: MEJORAR EL PROCESO DE COMPRA DE COMBUSTIBLES EN LA EMPRESA TRANSPORTES BILLY DEL CARIBE UBICADO EN LA PROVINCIA DE HEREDIA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025, el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

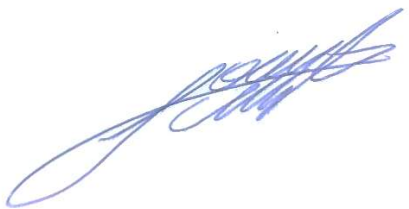
Atentamente,



***Ing. Jose Eduardo Vargas Solís***  
***Cédula: 1-1559-0116***

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Joan Manuel Jiménez García, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1155-0237 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: MEJORAR EL PROCESO DE COMPRA DE COMBUSTIBLES EN LA EMPRESA TRANSPORTES BILLY DEL CARIBE UBICADO EN LA PROVINCIA DE HEREDIA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025 es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 14 días del mes de octubre del año dos mil veinticinco.



---

Firma del estudiante

Cédula 1-1155-0237