

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE SELLADO MITIGANDO DERRAMES EN TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES

“Proyecto para optimización de sistemas de sellado para mitigar derrames y reducir sobre costos en transporte de combustibles, químicos y derivados del petróleo”

Carlos Alberto Vanegas Ramos

Guillermo Augusto Virviescas Matiz

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

octubre de 2024

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE SELLADO MITIGANDO DERRAMES EN TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES

“Proyecto para optimización de sistemas de sellado para mitigar derrames y reducir sobre costos en transporte de combustibles, químicos y derivados del petróleo”

Carlos Alberto Vanegas Ramos

Guillermo Augusto Virviescas Matiz

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor

Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

octubre de 2024

Contenido

Lista de tablas	5
Lista de figuras	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.1.1 Panorama global	14
1.1.2 Panorama nacional.....	15
1.1.3 Caso en Colombia.....	16
1.2 La pregunta de investigación.....	16
1.3 Los objetivos de investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificación de la investigación.....	18
1.4.1 Desde una perspectiva académica.....	18
1.4.2 Desde la perspectiva de las comunidades	19
1.4.3 Desde la perspectiva de los transportadores.....	20
MARCO DE REFERENCIA.....	21
2.1 Marco de Antecedentes	21
2.2 Marco Teórico.....	24
2.3 Marco legal	28
METODOLOGÍA	32
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	34
3.2 Cálculo y selección de la muestra.....	37
3.3 Instrumentos de Recolección de Datos.....	37
3.3.1 Procedimiento y Análisis de Datos.....	40
3.4 Consideraciones éticas	41

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE SELLADO MITIGANDO DERRAMES EN TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES

3.4.1	Consentimiento Informado	41
3.4.2	Instrumentos de aceptación y autorización.....	43
4	HIPÓTESIS.....	44
4.1	Las variables.....	44
4.1.1	Variable(s) independiente(s).....	44
4.1.2	Variables dependientes.....	47
4.2	Planteamiento de hipótesis.....	48
4.2.1	Hipótesis Principal (H1):.....	48
5	RESULTADOS	51
5.1	Presentación de los Resultados de la Investigación	51
5.1.1	Resultados de Pruebas Estadísticas	63
5.2	PROPUESTA AL SECTOR	63
5.2.1	Expansión de Sistemas de Sellado Automático.....	63
5.2.2	Capacitación y Formación del Personal	64
5.2.3	Monitoreo y Evaluación de Desempeño	64
5.2.4	Fortalecimiento de la Regulación y Normatividad	65
5.2.5	Conciencia y Sensibilización en la Comunidad	65
5.2.6	Innovación y Desarrollo Tecnológico	65
5.3	DISCUSIÓN	66
6	CONCLUSIONES.....	70
6.1	Conclusiones sobre los Resultados de la Investigación.....	70
6.2	Conclusión sobre la Propuesta de Mejoras	71
6.3	Reflexiones Finales y Recomendaciones Futuras	71
	REFERENCIAS.....	72
	ANEXOS	75

Lista de tablas

Tabla 1. tabla medición.....	63
Tabla 2. comparativo	78

Lista de figuras

Ilustración 1.1 Uso de herramientas tecnológicas.....	53
Ilustración 2.2 Uso de herramientas tecnológicas.....	54
Ilustración 3.3 Uso de herramientas tecnológicas.....	55
Ilustración 4.4 Uso de herramientas tecnológicas.....	56
Ilustración 5.1 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	57
Ilustración 6.2 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	58
Ilustración 7.3 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	59
Ilustración 8.4 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	60
Ilustración 9.5 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	61
Ilustración 10.6 Encuesta de aprobación del sistema de sellado	62
Ilustración 11. SISTEMAS DE MONITOREO	66

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se centra en la optimización de la gestión de proyectos para mitigar derrames y disminuir sobrecostos en sistemas de transporte de combustibles y químicos por carretera. Dada la importancia económica del transporte de estos productos en Colombia y los riesgos asociados como accidentes, derrames y daños ambientales, el proyecto busca implementar un sistema innovador de sellado automático para unidades de transporte. Este sistema está diseñado para activarse en caso de variaciones en el centro de gravedad del tanque, previniendo así la pérdida de contenido y minimizando el impacto ambiental y económico.

La investigación empleará un direccionamiento cuantitativo y cualitativo, utilizando métodos de recolección de datos a través de encuestas y entrevistas, y un análisis detallado para evaluar la efectividad del sistema propuesto. Se espera que el proyecto contribuya a mejorar la seguridad vial, reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia operativa del transporte de sustancias peligrosas.

Los resultados preliminares indican que la implementación del sistema de sellado automático puede reducir hasta un 30% los derrames durante el transporte. Además, se ha observado una disminución de hasta el 20% en los sobrecostos asociados a accidentes y reparaciones. La percepción de seguridad entre los operadores también ha mejorado significativamente, con un aumento del 40% en la confianza en las prácticas de transporte seguro.

El proyecto ha demostrado que la integración de un sistema de sellado automático no solo optimiza la gestión de proyectos, sino que también tiene un impacto positivo en la seguridad vial y la sostenibilidad ambiental. La reducción de derrames y sobrecostos contribuirá a un transporte

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE SELLADO MITIGANDO DERRAMES EN TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES
más eficiente y responsable de combustibles y químicos en Colombia, estableciendo un modelo
que puede ser replicado en otras regiones.

Palabras clave

Gestión de proyectos, Mitigación de derrames, Transporte de combustibles, Seguridad vial,
Sostenibilidad ambiental, Sistema de sellado automático, Optimización de procesos, Reducción de
sobrecostos, Protección ambiental.

ABSTRACT

The present research project focuses on optimizing project management to mitigate spills and reduce cost overruns in the transportation of fuels and chemicals by road. Given the economic importance of transporting these products in Colombia and the associated risks such as accidents, spills, and environmental damage, the project aims to implement an innovative automatic sealing system for transport units. This system is designed to activate in the event of variations in the center of gravity of the tank, thereby preventing content loss and minimizing environmental and economic impacts.

The research will employ both quantitative and qualitative approaches, using data collection methods including surveys and interviews, alongside detailed analysis to assess the effectiveness of the proposed system. The project is expected to contribute to improved road safety, reduced environmental impact, and increased operational efficiency in the transportation of hazardous substances.

Preliminary results indicate that the implementation of the automatic sealing system could reduce spills during transport by up to 30%. Additionally, there has been an observed decrease of up to 20% in cost overruns associated with accidents and repairs. The perception of safety among operators has also significantly improved, with a 40% increase in confidence regarding safe transport practices.

The project has demonstrated that integrating an automatic sealing system not only optimizes project management but also positively impacts road safety and environmental sustainability. The reduction of spills and cost overruns will contribute to a more efficient and responsible transportation of fuels and chemicals in Colombia, establishing a model that can be replicated in other regions.

Keywords

Project Management, Spill Mitigation, Fuel Transport, Road Safety, Environmental Sustainability, Automatic Sealing System, Process Optimization, Cost Overrun Reduction, Environmental Protection.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente del transporte por carretera de hidrocarburos y sus derivados es un componente crucial para el desarrollo económico y la protección ambiental a nivel global.

Esta actividad asegura el abastecimiento de energía y materias primas; sin embargo, enfrenta desafíos significativos relacionados con la seguridad y el impacto ambiental. A nivel internacional, se han reportado diversos incidentes que evidencian los riesgos inherentes al transporte de sustancias peligrosas. Estudios de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y de la Agencia Europea de Medio Ambiente destacan la alta frecuencia de accidentes y su impacto ambiental, subrayando la necesidad de estrategias efectivas para mitigar estos riesgos (EPA, 2020; EEA, 2022).

En Colombia, la situación es particularmente crítica debido a la alta incidencia de accidentes en el transporte de combustibles químicos y derivados del petróleo.

El mal estado de las carreteras, el exceso de velocidad, la falta de mantenimiento de los vehículos, las largas jornadas de manejo y las condiciones climáticas adversas son factores que exacerbaban los riesgos asociados a esta actividad (Ministerio de Transporte de Colombia, 2023). Estos incidentes no solo representan una amenaza para la seguridad vial y la integridad de los trabajadores, sino que también tienen graves repercusiones ambientales, como la contaminación de suelos y fuentes hídricas, generando elevados costos económicos relacionados con la limpieza y restauración de las áreas afectadas.

En este contexto, el presente estudio se enfoca en el diseño e implementación de un sistema innovador de sellado automático para vehículos de transporte de combustibles y sustancias químicas.

Este sistema está diseñado para activarse automáticamente en caso de variaciones en el centro de gravedad del tanque del vehículo, con el objetivo de prevenir la pérdida de producto y minimizar el impacto ambiental y económico de los derrames.

La relevancia de esta investigación radica en que los derrames de sustancias peligrosas en las carreteras colombianas no solo generan problemas de seguridad y costos, sino que también representan una amenaza para el medio ambiente y las comunidades locales.

Implementar un sistema de sellado efectivo para asegurar el correcto transporte de combustibles y sus derivados en el país es fundamental para cumplir con las normativas de seguridad y promover prácticas más sostenibles.

A lo largo de este trabajo se aborda la problemática de los derrames en el transporte de combustibles y sus derivados, así como las soluciones tecnológicas propuestas para mitigar estos eventos. El contenido está estructurado en seis capítulos. El Capítulo 1 describe el planteamiento del problema, en donde se exploran los desafíos relacionados con el transporte de sustancias peligrosas en Colombia. El Capítulo 2, que abarca el marco de referencia, incluye los estudios previos y teorías que fundamentan la investigación. El Capítulo 3 detalla la metodología utilizada, explicando los métodos de recolección de datos y los instrumentos aplicados. En el Capítulo 4 se exponen las hipótesis propuestas, junto con las variables y su operacionalización. El Capítulo 5 presenta los resultados obtenidos, en los cuales se analiza la efectividad del sistema de sellado

propuesto. Finalmente, el Capítulo 6 ofrece las conclusiones, destacando las implicaciones del estudio para la industria del transporte y el medio ambiente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo identifica y define los problemas críticos asociados con el transporte de hidrocarburos en Colombia, como la alta tasa de accidentes y los derrames resultantes. Se argumenta que la falta de un sistema adecuado de sellado contribuye significativamente a estos incidentes, resaltando la necesidad urgente de una solución innovadora.

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Panorama global

El transporte de líquidos peligrosos, especialmente hidrocarburos y sus derivados, representa un desafío significativo a nivel internacional, dado el aumento en la demanda energética y el crecimiento del comercio global.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el incremento del tráfico de mercancías ha llevado a un aumento proporcional en los accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas (ONU, 2021).

A nivel mundial, se estima que miles de incidentes ocurren anualmente, con impactos devastadores en el medio ambiente y la salud pública. Por ejemplo, el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2022) revela que los derrames de petróleo en entornos marinos y terrestres causan pérdidas anuales significativas, no solo por los costos directos de limpieza, sino también por los efectos a largo plazo en los ecosistemas y las comunidades afectadas. Este contexto resalta la urgencia de implementar medidas de seguridad efectivas en el transporte de sustancias peligrosas.

1.1.2 Panorama nacional

En Colombia, la situación es aún más alarmante, ya que el país depende en gran medida del transporte por carretera de combustibles químicos y derivados del petróleo para asegurar su suministro energético. Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, 2023), más de 200 accidentes de transporte de carga líquida ocurren anualmente, de los cuales una proporción significativa involucra volcamientos y derrames.

Estas cifras indican una tendencia preocupante que no solo pone en riesgo la seguridad vial, sino que también contribuye a la degradación ambiental. Los accidentes son causados por una variedad de factores, entre ellos, el mal estado de las carreteras, la falta de mantenimiento vehicular, el exceso de velocidad, las condiciones climáticas adversas y la fatiga del conductor (Ministerio de Transporte de Colombia, 2022).

De hecho, el mal estado de la infraestructura vial se ha señalado como uno de los principales factores contribuyentes a los accidentes, con el 60% de las carreteras en Colombia clasificadas como deficientes (Cámara Colombiana de Infraestructura, 2021). Los derrames de combustibles y sustancias químicas no solo implican pérdidas económicas significativas debido al costo del producto derramado y los daños materiales, sino que también afectan gravemente la salud pública y el medio ambiente. Un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente (2023) y Ecopetrol indica que los derrames han contaminado más de 1,000 hectáreas de suelo y fuentes hídricas en los últimos tres años, afectando la biodiversidad y la calidad del agua.

Estos eventos pueden causar efectos nocivos en la salud humana, como enfermedades respiratorias y problemas dérmicos, especialmente en comunidades cercanas a las zonas afectadas (Organización Mundial de la Salud, 2022).

1.1.3 Caso en Colombia

Un caso emblemático que ilustra la gravedad de esta problemática es el derrame de gasolina en la carretera Bogotá-Villavicencio en 2022, que contaminó fuentes de agua y generó costos de limpieza y recuperación ambiental superiores a 300 millones de pesos colombianos (Ministerio de Ambiente, 2022).

Este incidente no solo tuvo repercusiones económicas inmediatas, sino que también comprometió el acceso de las comunidades a recursos hídricos limpios, lo que genera un riesgo para la salud pública a largo plazo.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cómo puede un sistema de sellado automático en vehículos de transporte de combustibles y derivados del petróleo reducir la frecuencia y magnitud de los derrames, y mitigar los costos económicos y el impacto ambiental asociados con estos incidentes?

1.3 Los objetivos de investigación

El transporte de líquidos peligrosos, como combustibles y productos químicos, es crucial para el desarrollo económico, pero conlleva riesgos significativos, incluidos derrames que afectan la seguridad vial y el medio ambiente en Colombia.

Factores como el mal estado de las carreteras y la falta de mantenimiento agravan estos incidentes, generando altos costos de limpieza. Ante esta situación, el proyecto propone diseñar e implementar un sistema de sellado automático y bloqueo para prevenir fugas.

La innovación tecnológica busca garantizar la integridad de los líquidos transportados, mejorando la seguridad y la sostenibilidad. Se plantean objetivos específicos para desarrollar un prototipo, realizar un plan piloto y ofrecer recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de sellado automático en unidades de transporte de líquidos peligrosos, para prevenir fugas y derrames, mejorando la seguridad vial y reduciendo impactos ambientales y económicos.

1.3.2 Objetivos específicos

Diseñar y prototipar un sistema de sellado automático

Prototipar un sistema de sellado automático capaz de activarse ante variaciones en el centro de gravedad, para garantizar la contención de líquidos peligrosos durante eventos bruscos o accidentales.

Implementar un plan piloto para evaluar la eficacia del sistema

Desarrollar un plan piloto en condiciones reales de transporte, para evaluar la eficacia del sistema en la reducción de derrames y validar su funcionamiento en escenarios operativos.

Elaborar recomendaciones dirigidas a empresas y entidades regulatorias

Elaborar recomendaciones dirigidas a empresas y entidades regulatorias basadas en los hallazgos, para fomentar la adopción de tecnologías avanzadas que cumplan con las normativas

de seguridad y protección ambiental, proponer mejoras en la implementación del sistema, enfocadas en la reducción de derrames y costos operativos.

1.4 Justificación de la investigación

La necesidad de esta investigación se fundamenta en los serios problemas que los derrames de sustancias peligrosas generan en Colombia.

Estos incidentes no solo representan un grave riesgo para la salud pública, sino que también provocan contaminación ambiental significativa y elevados costos económicos. Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, 2023), más de 200 accidentes de transporte de carga líquida ocurren anualmente, y muchos de ellos involucran volcamientos y derrames que afectan ecosistemas críticos y comunidades locales.

La implementación de un sistema de sellado automático en los vehículos de transporte tiene el potencial de abordar estos problemas al reducir la frecuencia y magnitud de los derrames, mejorando así la seguridad vial y protegiendo el medio ambiente.

1.4.1 Desde una perspectiva académica

Es relevante considerar que el transporte de combustibles y sustancias químicas por carretera es fundamental para el desarrollo económico del país.

Este sector no solo facilita la distribución de productos energéticos esenciales, sino que también sostiene múltiples industrias y actividades económicas. Sin embargo, enfrenta serios desafíos relacionados con la seguridad y el impacto ambiental.

Según un estudio de García y Silva (2022), la falta de medidas adecuadas de contención y sellado en los vehículos de transporte amplifica la severidad de los incidentes, lo que refuerza la necesidad imperiosa de desarrollar e implementar tecnologías avanzadas.

Además, el costo asociado con los derrames y volcamientos no solo incluye la pérdida del producto derramado, sino también los costos de limpieza, restauración y los daños a la salud pública. Se estima que estos costos pueden superar los 300 millones de pesos colombianos por incidente (Ministerio de Medio Ambiente, 2023).

Este dato destaca la urgencia de soluciones efectivas, como el sistema de sellado propuesto, que no solo minimizaría la posibilidad de derrames, sino que también ofrecería un retorno económico positivo al reducir los costos de incidentes.

1.4.2 Desde la perspectiva de las comunidades

La investigación es igualmente relevante para la comunidad local, que enfrenta los impactos de la contaminación y la exposición a sustancias tóxicas. Los derrames de combustibles y productos químicos no solo dañan el medio ambiente, sino que también pueden provocar problemas de salud a largo plazo en las poblaciones cercanas (Ministerio de Salud, 2023).

Al proporcionar una solución innovadora y efectiva para controlar los derrames, esta investigación tiene el potencial de transformar las prácticas actuales y contribuir a un transporte más seguro y sostenible en Colombia.

1.4.3 Desde la perspectiva de los transportadores

Los aportes de esta investigación al sector del transporte de sustancias peligrosas son significativos. La implementación de un sistema de sellado automático no solo podría reducir los incidentes de derrames, mejorando la seguridad vial y protegiendo el medio ambiente, sino que también podría generar beneficios económicos para las empresas de transporte y las comunidades afectadas.

Este estudio no solo busca mitigar los riesgos asociados con el transporte de líquidos peligrosos, sino también contribuir al desarrollo sostenible de la industria en Colombia, alineándose con las normativas de seguridad y protección ambiental vigentes.

MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de Antecedentes

Estado del Arte / Antecedentes

Se realiza un análisis exhaustivo de los estudios más recientes en torno a las tecnologías de sellado utilizadas en el transporte de combustibles y productos químicos. Investigaciones como las de García & Silva (2020) destacan que los sistemas automáticos de sellado han demostrado ser más eficaces que los manuales en la reducción de derrames. Además, se revisan investigaciones internacionales sobre la implementación de estas tecnologías en países como Alemania y Japón, donde se ha registrado una disminución significativa en los incidentes de derrames tras la adopción de tecnologías avanzadas de sellado.

En la revisión de la literatura, se utilizó la ecuación de búsqueda “tecnologías de sellado en el transporte de sustancias peligrosas”, cubriendo estudios publicados en los últimos 10 años. A continuación, se resumen 10 estudios relevantes, ordenados cronológicamente, que aportan evidencia sobre las tecnologías de sellado y sus impactos en el transporte de sustancias peligrosas.

Hernández, J., & Mendoza, L. (2018). Impacto ambiental de los derrames en el transporte de sustancias peligrosas. Este estudio analiza en profundidad los efectos medioambientales de los derrames en Colombia, enfatizando la urgencia de adoptar tecnologías avanzadas para contener los líquidos peligrosos. Los autores sugieren la implementación de sistemas de sellado automáticos como una solución viable.

García, R., & Silva, T. (2020). Revisión de tecnologías de contención en el transporte de líquidos peligrosos. Los autores evaluaron una serie de tecnologías de contención y concluyeron

que los sistemas automáticos de sellado son significativamente más efectivos en comparación con los sistemas manuales, lo que reduce la frecuencia de derrames en un 60% en pruebas controladas .

Martínez, F., et al. (2021). Evaluación de sistemas de sellado en vehículos de transporte. En este trabajo se probó un prototipo de sistema de sellado automático que redujo la frecuencia de derrames en un 70% en simulaciones controladas. Se recomienda el desarrollo y aplicación de más pruebas para evaluar su funcionalidad en situaciones reales.

Smith, A., & Jones, B. (2021). Desarrollo de tecnologías de sellado para el transporte seguro de sustancias peligrosas. Este estudio examinó varias innovaciones tecnológicas, como sensores de impacto y válvulas automáticas, para mejorar la seguridad del transporte de sustancias peligrosas, mostrando mejoras en la respuesta ante emergencias.

Rodríguez, M., et al. (2022). Nuevas invenciones en tecnología de sellado. Este trabajo destaca las últimas innovaciones en sistemas de sellado, como el uso de materiales más resistentes y duraderos, y analiza su aplicabilidad en condiciones operativas en Colombia.

Pérez, S., et al. (2023). Análisis del impacto ecológico de los derrames de sustancias peligrosas. Este estudio se centró en las consecuencias ecológicas de los derrames, recomendando la adopción de tecnologías de sellado para mitigar los daños ambientales. Se probó una tecnología que redujo en un 50% la contaminación en simulaciones de accidentes.

Cruz, A., & Martínez, J. (2023). Comparativa de normativas internacionales y nacionales sobre el transporte seguro de sustancias peligrosas. Los autores compararon regulaciones de varios

países y concluyeron que las normativas internacionales requieren la adopción de tecnologías avanzadas de sellado como parte de las prácticas estándar.

López, T., & Torres, D. (2024). Costos económicos de los derrames en el transporte de sustancias peligrosas. Este trabajo discute el costo financiero de los derrames y cómo la implementación de tecnologías de sellado automático podría reducir los costos asociados hasta en un 40%, incluyendo limpieza y sanciones regulatorias.

Jones, C., et al. (2024). Mejoras en los sistemas de transporte de combustibles peligrosos mediante el uso de tecnologías avanzadas de sellado. Este estudio reportó una mejora significativa en la eficiencia operativa tras la implementación de sistemas automáticos de sellado, logrando una disminución en el tiempo de inactividad de los vehículos debido a accidentes.

Rodríguez, A., & Fernández, P. (2024). Evaluación de la efectividad del sellado automático en la industria del transporte de químicos. Este estudio evaluó la implementación de sistemas de sellado en varios países latinoamericanos, concluyendo que su adopción reduciría en un 70% los accidentes relacionados con el transporte de químicos peligrosos.

Resumen y Conclusiones del Estado del Arte

Los estudios analizados muestran un consenso sobre la efectividad de los sistemas de sellado automático en la reducción de derrames y sus impactos ambientales y económicos.

Las innovaciones tecnológicas, combinadas con una regulación más estricta, son cruciales para mejorar la seguridad en el transporte de sustancias peligrosas.

2.2 Marco Teórico

En este apartado se revisan las principales teorías y modelos relacionados con la gestión del transporte de sustancias peligrosas y el uso de tecnologías de sellado para la contención de derrames. Las orientaciones teóricas que guían este estudio incluyen los principios de seguridad industrial y la gestión de riesgos, así como los fundamentos del transporte de líquidos peligrosos bajo condiciones seguras. Teorías como la de los sistemas automatizados de sellado y la aplicación de tecnologías de monitoreo en tiempo real son fundamentales para abordar los riesgos asociados con el transporte de sustancias peligrosas.

El transporte de sustancias peligrosas, especialmente combustibles y productos químicos ha evolucionado notablemente desde el inicio del siglo XX.

Este desarrollo ha estado vinculado al crecimiento industrial y a la expansión de la infraestructura vial, lo que ha permitido un flujo constante de materiales esenciales para la economía global.

Sin embargo, este crecimiento también ha acarreado un aumento en la frecuencia de accidentes y derrames, motivando la implementación de regulaciones más estrictas y un direccionamiento más riguroso en la seguridad del transporte (González, 2019; Smith et al., 2020).

Seguridad en el Transporte de Sustancias Peligrosas

La seguridad en el transporte de sustancias peligrosas es un campo multidisciplinario que integra principios de ingeniería, gestión de riesgos y regulaciones específicas.

Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, 2023), este ámbito busca proteger a las personas, el medio ambiente y la infraestructura a través de prácticas y normativas bien

definidas. Esto abarca desde el diseño de los vehículos hasta la capacitación del personal, asegurando una respuesta adecuada ante situaciones de emergencia.

Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos es fundamental en este contexto. La norma ISO 31000 (2018) establece que identificar, evaluar y controlar los riesgos es esencial para mitigar la probabilidad de accidentes y sus impactos.

Esto incluye la implementación de sistemas de monitoreo, evaluación de peligros y medidas preventivas, como sistemas de sellado y válvulas automáticas, que actúan como barreras frente a derrames (Smith et al., 2020).

Avances en Tecnología de Seguridad

Sistemas de Sellado y Contención

Los sistemas de sellado y contención son críticos para prevenir fugas de sustancias peligrosas en caso de accidentes.

Tecnologías como válvulas de cierre automático y sensores de movimiento son ejemplos de cómo la ingeniería ha avanzado para garantizar la seguridad durante el transporte. Según Jones y Brown (2021), estos dispositivos permiten activar mecanismos de cierre ante condiciones anómalas, minimizando así el riesgo de liberación de materiales peligrosos.

Tecnologías de Sellado Automático

Los últimos avances en sellado automático han incluido la integración de sensores capaces de detectar variaciones en el centro de gravedad o impactos, activando los mecanismos de cierre antes de que se produzcan derrames significativos (Rodríguez et al., 2023).

Este tipo de tecnología, junto con sistemas interlock, asegura que las válvulas y tapas se cierren efectivamente en situaciones de riesgo.

Monitoreo y Detección de Fallas

El monitoreo en tiempo real ha transformado la manera en que se gestionan los riesgos en el transporte de sustancias peligrosas. Los sistemas modernos recopilan datos sobre la integridad de los tanques y la estabilidad del transporte, alertando a los operadores sobre cualquier anomalía antes de que se convierta en un incidente (Pérez et al., 2023).

Esta capacidad de intervención temprana es vital para prevenir derrames y mejorar la seguridad operativa.

Impacto Ambiental y Social de los Derrames

Consecuencias Ambientales

Los derrames de sustancias peligrosas generan efectos devastadores sobre el medio ambiente, contaminando suelos y cuerpos de agua. La degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad son algunas de las consecuencias más alarmantes (García et al., 2023). Además, la remediación de estos incidentes es costosa y requiere un esfuerzo significativo para restaurar los entornos afectados.

Consecuencias Sociales y Económicas

Desde una perspectiva social, los derrames representan un riesgo directo para la salud y seguridad de las comunidades cercanas.

Las consecuencias económicas también son profundas, incluyendo los altos costos de limpieza, daños a la infraestructura y posibles sanciones regulatorias (Smith & Jones, 2021).

Estos factores subrayan la necesidad de estrategias efectivas de prevención y respuesta.

Modelos de Prevención y Mejora Continua

Modelos de Prevención de Accidentes

Existen varios modelos para prevenir accidentes en el transporte de sustancias peligrosas. Uno de los más reconocidos es el "Modelo de Seguridad de Causa y Efecto", que se enfoca en identificar y mitigar las causas raíz de los accidentes (Hernández & Mendoza, 2018).

Con esto pretendemos implementar medidas preventivas basadas en análisis de riesgos y datos históricos.

Mejora Continua y Evaluación

La mejora continua es un principio clave en la gestión de la seguridad del transporte.

Este resultado implica una evaluación constante del rendimiento de los sistemas de seguridad y la implementación de soluciones para optimizar la seguridad y la eficiencia operativa (ISO 9001, 2020).

Adaptarse a nuevos desafíos y tecnologías emergentes es fundamental para mantener altos estándares de seguridad.

2.3 Marco legal

Este apartado incluye una revisión de las normativas colombianas e internacionales aplicables al transporte de sustancias peligrosas. En Colombia, el marco legal está regulado principalmente por el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Medio Ambiente, que establecen requisitos estrictos para el manejo, transporte y contención de líquidos peligrosos. Normativas como la Resolución 001 (Ministerio de Medio Ambiente, 2023) imponen lineamientos sobre la implementación de tecnologías que reduzcan los riesgos asociados a los derrames, incluyendo sanciones para las empresas que no cumplan con los estándares de seguridad. Este marco regulatorio refuerza la necesidad de sistemas de sellado efectivos que garanticen la seguridad y minimicen los impactos ambientales.

Mediante el marco normativo estableceremos un contexto legal y regulatorio para iniciar la investigación sobre el transporte de sustancias peligrosas y la implementación de sistemas de sellado y contención. A continuación, se detallan las principales leyes, normas y estándares que deben considerarse tanto a nivel internacional como nacional.

Normativas Internacionales

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías por Carretera (ADR)

El ADR es un acuerdo internacional que regula el transporte de mercancías peligrosas por carretera en Europa y ha sido adoptado en muchos países fuera de Europa.

Este acuerdo establece requisitos específicos para el diseño, construcción y equipamiento de vehículos utilizados para el transporte de sustancias peligrosas, así como para el etiquetado y manejo seguro de estos materiales (United Nations, 2022).

Los aspectos clave del ADR incluyen:

Requisitos para el diseño y construcción de tanques: El ADR establece normas detalladas para la construcción de tanques de transporte, incluyendo especificaciones para los sistemas de sellado y seguridad. Esto asegura que los tanques sean capaces de resistir condiciones adversas y evitar fugas (United Nations, 2022).

Medidas de prevención y respuesta a emergencias: El ADR define procedimientos claros para la respuesta en caso de incidentes y derrames, incluyendo la capacitación del personal y la implementación de equipos de emergencia adecuados (United Nations, 2022).

Reglamentos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre Transporte de Sustancias Químicas

La OMS establece directrices para el transporte seguro de sustancias químicas con el objetivo de proteger la salud pública y el medio ambiente.

Estas recomendaciones incluyen medidas de seguridad para prevenir derrames y exposiciones, así como la capacitación del personal involucrado (OMS, 2021). Las directrices de la OMS abarcan:

Medidas de seguridad: Implementación de sistemas de sellado adecuados y procedimientos de manejo seguro para minimizar el riesgo de exposición y accidentes (OMS, 2021).

Capacitación del personal: Requisitos para la formación de los trabajadores en la manipulación y transporte de sustancias químicas, asegurando que comprendan los riesgos y las medidas preventivas (OMS, 2021).

Normativas Nacionales

Ley de Seguridad en el Transporte de Mercancías Peligrosas

En muchos países, existen leyes nacionales específicas que regulan el transporte de mercancías peligrosas. Estas leyes suelen incluir:

Requisitos para vehículos y equipos de transporte: Definición de especificaciones para la construcción y mantenimiento de tanques y sistemas de sellado utilizados en el transporte de sustancias peligrosas (Ministerio de Transportes, 2023).

Regulaciones para la formación del personal: Exigencias para que los conductores y operadores reciban capacitación adecuada en seguridad y manejo de sustancias peligrosas (Ministerio de Transportes, 2023).

Reglamento Técnico de Transporte de Sustancias Peligrosas

Este reglamento nacional proporciona detalles técnicos sobre el transporte seguro de sustancias peligrosas. Incluye:

Normas para la construcción y mantenimiento de tanques de transporte

Establecimiento de estándares técnicos para garantizar que los tanques sean seguros y estén en condiciones adecuadas para el transporte de sustancias peligrosas (Reglamento Técnico Nacional, 2023).

Procedimientos para la gestión de incidentes: Definición de los pasos a seguir en caso de derrames o accidentes, incluyendo la respuesta rápida y la notificación a las autoridades competentes (Reglamento Técnico Nacional, 2023).

Normas del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)

El INSST proporciona directrices para la seguridad y salud en el trabajo relacionado con el transporte de sustancias peligrosas. Estas normas incluyen:

Protocolos de seguridad para la carga y descarga: Procedimientos para manejar sustancias peligrosas de manera segura durante las operaciones de carga y descarga (INSST, 2023).

Requisitos para equipos de protección personal (EPP): Definición de los equipos necesarios para proteger a los trabajadores durante el manejo de sustancias peligrosas, asegurando su seguridad y salud (INSST, 2023).

Normativas Específicas de Sistemas de Sellado y Contención

Norma ISO 2859-1:2019 sobre Sistemas de Sellado

La norma ISO 2859-1 establece los requisitos para la evaluación de la calidad y la confiabilidad de los sistemas de sellado utilizados en el transporte de sustancias peligrosas. Esta norma incluye:

Estándares para el diseño de sistemas de sellado: Especificaciones técnicas para asegurar que los sistemas de sellado sean efectivos en prevenir fugas y mantener la integridad durante el transporte (ISO, 2019).

Requisitos para pruebas y validación: Métodos de prueba para verificar la integridad y la efectividad de los sistemas de sellado, garantizando su desempeño en condiciones reales (ISO, 2019).

Normas ASTM para Materiales Absorbentes y de Contención

Las normas ASTM establecen criterios para los materiales absorbentes y de contención utilizados en la prevención de derrames. Estas normas incluyen:

Requisitos para la resistencia y eficacia de materiales absorbentes: Definición de las propiedades que deben tener los materiales para ser efectivos en la contención de líquidos peligrosos (ASTM, 2022).

Procedimientos de prueba para la eficacia de materiales de contención: Métodos para evaluar la capacidad de los materiales para contener y absorber derrames de manera efectiva (ASTM, 2022).

METODOLOGÍA

- Ruta de Investigación

El direccionamiento de esta investigación es mixto, integrando tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Se utilizarán encuestas y entrevistas como instrumentos principales para recopilar datos.

Las encuestas se emplearán para obtener información cuantitativa sobre las experiencias y prácticas de las empresas en el transporte de combustibles y químicos, mientras que las entrevistas permitirán profundizar en aspectos cualitativos, tales como los desafíos específicos y las estrategias de mitigación implementadas.

Instrumentos

Encuestas: Se diseñarán para capturar datos cuantitativos sobre la gestión de riesgos, prácticas de seguridad y la implementación de tecnologías. Las encuestas incluirán preguntas cerradas y escalas Likert para evaluar la efectividad de los sistemas actuales.

Entrevistas: Se realizarán entrevistas semiestructuradas con expertos y responsables de seguridad. Estas entrevistas proporcionarán información más detallada y contextualizada sobre los procesos y desafíos en el sector.

Ambos instrumentos se detallarán en la sección correspondiente, asegurando que se unifiquen y se describan de manera coherente.

Población y Muestra: La población de interés para este estudio está compuesta por empresas dedicadas al transporte de combustibles y productos químicos en Colombia. Se estima que hay aproximadamente 500 empresas en este sector.

Cálculo de la Muestra: Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizará la fórmula de muestreo aleatorio. Suponiendo un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, el tamaño de muestra calculado es de 132 empresas. Esto garantizará que la muestra sea representativa de la población.

Criterios de Selección: Los criterios de selección de las empresas a encuestar incluyen:

Tipo de operación: Empresas dedicadas exclusivamente al transporte de combustibles y/o productos químicos.

Ubicación geográfica: Inclusión de empresas en diferentes regiones de Colombia para asegurar diversidad.

Experiencia: Empresas con al menos un año de operación en el sector.

Disponibilidad: Empresas dispuestas a participar en la investigación.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

Propuesta de Mejoras y Recomendaciones para el Sector de Transporte de Combustibles

Con base en los resultados obtenidos de la implementación del sistema de sellado automático y la evaluación de sus efectos en la reducción de derrames y costos operativos, se presenta a continuación una serie de recomendaciones, estrategias, y lineamientos dirigidos al sector del transporte de combustibles y productos químicos en Colombia.

Estas propuestas buscan abordar las problemáticas identificadas y promover la adopción de mejores prácticas que contribuyan a la seguridad vial y a la protección del medio ambiente.

Implementación de Sistemas de Sellado Automático

Expansión de la Tecnología: Se recomienda la adopción generalizada de sistemas de sellado automático en todas las flotas de transporte de combustibles. La evidencia sugiere que esta tecnología reduce significativamente la frecuencia de derrames, lo que repercute positivamente en la seguridad vial y los costos operativos.

Incentivos para la Adopción: Proponer incentivos fiscales o subsidios a las empresas que decidan implementar tecnologías avanzadas de sellado. Esto podría facilitar la inversión inicial y acelerar la adopción en el sector.

Capacitación y Formación del Personal

Programas de Capacitación Continua: Es crucial desarrollar programas de formación y capacitación para conductores y operadores que incluyan el manejo adecuado del sistema de sellado automático y las mejores prácticas en la gestión de riesgos durante el transporte de sustancias peligrosas.

Simulaciones de Emergencia: Realizar simulacros regulares para preparar al personal ante posibles incidentes. Esto no solo mejorará la capacidad de respuesta, sino que también aumentará la confianza del personal en el sistema.

Monitoreo y Evaluación de Desempeño

Implementación de Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real: Se sugiere integrar tecnologías de monitoreo en tiempo real que permitan detectar anomalías en la operación de los tanques de transporte y activar alertas ante situaciones de riesgo.

Esto incluye la instalación de sensores que informen sobre el estado del sellado y cambios en el centro de gravedad.

Análisis de Datos Históricos: Realizar un seguimiento de los incidentes y derrames a lo largo del tiempo para identificar patrones y áreas de mejora. Esto facilitará la elaboración de informes periódicos que ayuden a la toma de decisiones informadas.

Fortalecimiento de la Regulación y Normatividad

Actualización de Normas de Seguridad: Es necesario revisar y actualizar las normativas existentes sobre el transporte de sustancias peligrosas para incorporar requerimientos específicos sobre el uso de tecnologías de sellado automático y otros sistemas de seguridad.

Auditorías y Certificaciones: Establecer un sistema de auditorías regulares para garantizar que las empresas de transporte cumplan con los estándares de seguridad establecidos. La certificación de cumplimiento podría ser un factor diferenciador en el sector.

Conciencia y Sensibilización en la Comunidad

Campañas de Sensibilización: Iniciar campañas de concienciación sobre la importancia de la seguridad en el transporte de combustibles, dirigidas no solo a las empresas del sector, sino también a la comunidad en general. Esto fomentará un entorno colaborativo y de responsabilidad compartida.

Participación de la Comunidad: Involucrar a las comunidades locales en la identificación de riesgos y en la vigilancia de las operaciones de transporte en sus áreas. La comunicación directa con los ciudadanos puede ser clave para mejorar la respuesta ante incidentes.

Innovación y Desarrollo Tecnológico

Fomento de la I+D: Promover la investigación y el desarrollo en tecnologías de transporte seguro. Las empresas y las universidades pueden colaborar para crear soluciones innovadoras que aborden las problemáticas específicas del sector.

Pruebas de Nuevas Tecnologías: Establecer alianzas con empresas tecnológicas para realizar pruebas de nuevas soluciones de sellado y monitoreo, con el fin de evaluar su eficacia antes de su implementación general.

3.2 Cálculo y selección de la muestra

Encuestas:

Se diseñaron y aplicaron 150 encuestas a conductores, operadores y gerentes de las empresas seleccionadas, con preguntas orientadas a medir variables cuantitativas relacionadas con la frecuencia de derrames, los costos asociados, y la percepción sobre el sistema de sellado automático. Las encuestas constan de 10 preguntas cerradas, con escalas Likert y opciones múltiples.

3.3 Instrumentos de Recolección de Datos

Para este estudio, se emplearon encuestas y entrevistas semiestructuradas como instrumentos principales de recolección de datos, cada uno diseñado para capturar perspectivas cuantitativas y cualitativas sobre la efectividad del sistema de sellado automático en el transporte de combustibles y productos químicos.

Encuestas:

Se diseñaron y aplicaron 150 encuestas a conductores, operadores y gerentes de las empresas seleccionadas, con preguntas orientadas a medir variables cuantitativas relacionadas con la frecuencia de derrames, los costos asociados, y la percepción sobre el sistema de sellado automático. Las encuestas constan de 10 preguntas cerradas, con escalas Likert y opciones múltiples, entre las cuales se encuentran:

¿Con qué frecuencia experimenta derrames en sus operaciones? (1- Nunca, 5- Siempre)

¿Cómo calificaría la efectividad del sistema de sellado automático en la reducción de derrames? (1- Muy baja, 5- Muy alta)

¿Cuáles son los principales costos asociados a los incidentes de derrames? (Opciones múltiples: daños ambientales, sanciones legales, pérdidas de combustible, otros)

¿Considera que el sistema de sellado automático ha mejorado la seguridad en las operaciones? (1- Muy en desacuerdo, 5- Muy de acuerdo)

¿Qué tan satisfecho está con la implementación del sistema de sellado automático en su empresa? (1- Muy insatisfecho, 5- Muy satisfecho)

¿Ha observado una reducción en los costos de mantenimiento relacionados con los derrames desde la implementación del sistema? (1- Muy en desacuerdo, 5- Muy de acuerdo)

¿En qué medida el sistema de sellado automático ha mejorado la percepción de seguridad del equipo de trabajo? (1- Nada, 5- En gran medida)

¿Cuántos incidentes de derrames ha registrado su empresa en el último año? (Escala numérica)

¿Cuáles considera que son los beneficios adicionales del sistema de sellado? (Opciones: reducción de riesgos, menos paradas operativas, mayor seguridad vial, otros)

¿Implementaría mejoras o cambios en el sistema de sellado? (Opciones: Sí, No, Especifique qué cambios)

Entrevistas Semiestructuradas:

Se llevaron a cabo 20 entrevistas semiestructuradas con gerentes, operadores y conductores, dirigidas a obtener información cualitativa profunda sobre la implementación y efectividad del sistema de sellado automático. Estas entrevistas abordaron los desafíos operativos y las percepciones sobre la adopción de nuevas tecnologías. Entre las preguntas incluidas se encuentran:

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta su empresa en la gestión de derrames?

¿De qué manera cree que el sistema de sellado automático ha impactado sus operaciones diarias?

¿Qué beneficios observa en la implementación de este sistema para la seguridad y eficiencia operativa?

¿Cómo percibe la respuesta del personal ante la incorporación de esta nueva tecnología?

¿Qué recomendaciones daría para optimizar el uso del sistema de sellado en su flota?

¿Ha identificado algún aspecto de la tecnología que requiera mejoras?

¿Cómo considera que el sistema podría contribuir a mejorar la seguridad vial y reducir el impacto ambiental?

Objetivo: Recopilar datos cuantitativos sobre experiencias, desafíos y prácticas actuales en el sector.

Contenido:

Preguntas sobre la frecuencia de derrames.

Evaluación de sistemas de seguridad implementados.

Objetivo: Obtener información cualitativa que complemente los datos de las encuestas.

Preguntas abiertas sobre desafíos en la gestión de derrames.

Estrategias de mitigación y seguridad.

3.3.1 Procedimiento y Análisis de Datos

El procedimiento de recolección de datos se llevará a cabo en las siguientes etapas:

En este estudio, el proceso de recolección de datos incluyó varias etapas:

Contacto con los participantes: Se contactó a los representantes de las empresas seleccionadas mediante correo electrónico y llamadas telefónicas, explicando el propósito del estudio y solicitando su participación.

Administración de encuestas: Las encuestas fueron enviadas y completadas a través de la plataforma Google Forms, seleccionada por su accesibilidad y facilidad para recolectar datos estructurados de forma remota. Google Forms permitió a los participantes responder en su conveniencia y proporcionó una forma eficiente de organizar las respuestas.

Realización de entrevistas: Se coordinaron entrevistas mediante correo electrónico, ajustándose al horario de cada participante. Estas entrevistas se realizaron de manera virtual, utilizando plataformas como Zoom para facilitar la participación de personal ubicado en distintas regiones.

3.4 Consideraciones éticas

La investigación en el ámbito del transporte, al involucrar aspectos técnicos y operativos de gran envergadura, demanda una atención especial a las implicaciones éticas. El presente proyecto, enfocado en la optimización de la gestión de proyectos para mitigar derrames y reducir costos, no es una excepción. Es imperativo garantizar que la investigación se lleve a cabo de manera ética, respetando los derechos de los participantes y cumpliendo con los estándares establecidos por la comunidad científica y las instituciones involucradas.

En este contexto, se han establecido una serie de consideraciones éticas que guiarán el desarrollo de esta investigación. Estas consideraciones se centran en tres ejes fundamentales:

3.4.1 Consentimiento Informado

Descripción: Todos los participantes del estudio y los aliados de negocios deben suministrar su consentimiento informado antes de participar en la investigación.

Documento de Consentimiento: Se elaborará un formulario de consentimiento encaminado que explique rotundamente los objetivos del estudio, el procedimiento, y los posibles riesgos y beneficios. Este documento deberá ser presentado a los participantes antes de que se inicie cualquier recolección de datos.

Proceso de Aceptación: Los participantes deberán leer y firmar el formulario de consentimiento, confirmando que comprenden y aceptan los términos del estudio.

Estrategias de Minimización:

Evaluaciones Periódicas: Debemos realizar evaluaciones periódicas de los procedimientos de investigación para garantizar que no se generen riesgos adicionales.

Protocolos de Emergencia: Establecimiento de protocolos para el manejo de cualquier incidente que pueda surgir durante la investigación.

Transparencia y Honestidad

Descripción: Se debe mantener una postura de transparencia y honestidad en la presentación y comunicación de los resultados del estudio.

Aplicación:

Informe de Resultados: Los resultados deberán ser presentados de manera clara y precisa, sin ninguna clase manipulación de datos para ajustar a expectativas o hipótesis previas.

Publicación: Los hallazgos deberán ser compartidos en publicaciones académicas y conferencias, asegurando siempre que se dé crédito adecuado a todas las partes involucradas en la investigación.

Procedimientos de Comunicación:

Informes Finales: Publicación de un informe detallado y accesible que refleje la metodología y los resultados del estudio.

Cumplimiento de Normativas Institucionales

Descripción: El proyecto debe cumplir con las normativas éticas establecidas por UNIMINUTO como institución avaladora y cualquier otra regulación aplicable.

Aprobación Ética: Obtención de la aprobación del Comité de Ética en Investigación de UNIMINUTO antes de iniciar el estudio.

Cumplimiento de Directrices: Adherencia a todas las políticas y directrices institucionales sobre la ética en la investigación.

Documentación Requerida:

Certificación de Aprobación: Obtención de un certificado de aprobación ética que se adjuntará al informe final.

Instrumentos de aceptación y autorización

Se debe enseñar el instrumento de autorización de consentimiento y aceptación de cooperación en la investigación, si aplica.

Para certificar la correcta implementación del proyecto de investigación y la protección de los derechos de los participantes, es esencial contar con instrumentos de autorización y consentimiento.

Estos documentos garantizan que los participantes estén completamente informados sobre el estudio y que su participación sea voluntaria.

3.4.2 Instrumentos de aceptación y autorización

Estos documentos se encuentran soportados en los anexos.

4 HIPÓTESIS

La hipótesis es una proposición específica y comprobable que establece una relación entre variables o categorías y que puede ser evaluada empíricamente.

En este estudio, la hipótesis se formula en función del impacto del sistema de sellado y contención propuesto sobre la frecuencia de derrames y sobrecostos asociados en el transporte de combustibles y productos químicos.

4.1 Las variables

4.1.1 Variable(s) independiente(s)

4.1.1.1 Incorporación de Tecnología en la Gestión de Proyectos

Definición: La incorporación de tecnología en gestión de proyectos se refiere a la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas para planificar, ejecutar, monitorear y controlar proyectos. Esto incluye el uso de aplicaciones para la gestión de proyectos, sensores avanzados, sistemas de monitoreo en tiempo real y tecnologías de comunicación.

Especificaciones:

Aplicaciones de Gestión de Proyectos: Herramientas digitales que proporcionan la planificación, asignación de tareas, rastreo del progreso y gestión de recursos.

Sensores y Dispositivos de Monitoreo: Equipos que compilan datos en tiempo real sobre el estado de los tanques, el tráfico y otros elementos relevantes.

Sistemas de Comunicación y Alerta: Tecnologías que permiten la comunicación instantánea y la emisión de alertas en caso de incidentes.

Análisis de Datos y Reportes: Herramientas que permiten el análisis de datos acumulados para generar informes y tomar decisiones basadas en evidencias.

Número de Herramientas Tecnológicas Implementadas: Cantidad y tipo de tecnologías adoptadas en la gestión de proyectos.

Frecuencia de Uso: Regularidad con la que se utilizan estas tecnologías en el proceso de gestión.

Calidad de la Información: Exactitud y relevancia de los datos proporcionados por los sistemas tecnológicos.

Tiempo de Respuesta: Rapidez con la que las tecnologías permiten responder a incidentes o desviaciones en el proyecto.

4.1.1.2 Variable independiente: Indicadores de Ejecución (Cronograma) de Proyectos

Definición: Los indicadores de ejecución del cronograma reflejan el desempeño del proyecto en relación con el tiempo previsto para completar las tareas y alcanzar los hitos. Incluyen métricas que permiten evaluar si el proyecto está avanzando según lo planeado y si se están cumpliendo los plazos establecidos.

Especificaciones

Cumplimiento de Plazos: Porcentaje de tareas o hitos que se completan dentro del tiempo previsto en el cronograma.

Desviación del Cronograma: Diferencia entre el tiempo planificado y el tiempo real empleado para completar las tareas.

Retrasos Acumulados: Total de días o semanas de retraso acumulados en el proyecto.

Medición

Porcentaje de Tareas a Tiempo: Proporción de tareas completadas según el cronograma.

Desviación Promedio del Cronograma: Promedio de desviaciones temporales de las tareas del cronograma.

Número de Retrasos: Cantidad de veces que se han registrado retrasos en el proyecto.

Variable independiente 2: Gestión de Lecciones Aprendidas

Definición: La gestión de lecciones aprendidas implica la recopilación, análisis y aplicación de conocimientos obtenidos a partir de experiencias pasadas en proyectos para optimizar la ejecución futura.

Se mide por la capacidad del equipo para identificar y aplicar estas lecciones en proyectos posteriores.

Especificaciones

Documentación de Lecciones Aprendidas: Cantidad y calidad de lecciones aprendidas documentadas.

Aplicación de Lecciones Aprendidas: Porcentaje de proyectos que implementan las lecciones aprendidas en sus procesos.

Retroalimentación del Equipo: Grado de aceptación y utilización de las lecciones aprendidas por parte del equipo del proyecto.

Variable independiente 3: Buenas Prácticas en la Gestión de Proyectos

Definición: Las buenas prácticas en la gestión de proyectos son métodos, técnicas y rutas eficaces y eficientes que se utilizan para mejorar el rendimiento del proyecto.

Incluye prácticas que han demostrado ser efectivas en la planificación, ejecución, control y cierre de proyectos.

4.1.2 Variables dependientes

4.1.2.1 Variable Independiente (VI):

Implementación del Sistema de Sellado y Contención: Se refiere a la adopción y uso del sistema en las unidades de transporte, categorizado de manera binaria (sí/no).

Variable Dependiente (VD):

Frecuencia de Derrames y Sobrecostos Asociados: Se medirá a través de registros de incidentes, cuantificando el número de derrames y los costos relacionados antes y después de la implementación del sistema.

Metodología para la Verificación de la Hipótesis

Para probar la hipótesis, se llevarán a cabo los siguientes pasos:

Recolección de Datos Baseline:

Se recopilarán datos sobre la frecuencia de derrames y los costos asociados antes de la implementación del sistema de sellado y contención.

Implementación del Sistema:

Se instalará el sistema de sellado y contención en las unidades de transporte seleccionadas y se capacitará al personal en su uso.

Recolección de Datos Post-Implementación:

Después de la implementación, se recopilarán datos similares sobre la frecuencia de derrames y los sobrecostos para evaluar el impacto del sistema.

4.2 Planteamiento de hipótesis

4.2.1 Hipótesis Principal (H1):

La implementación del sistema de sellado y contención en las unidades de transporte de combustibles y productos químicos reducirá significativamente la frecuencia de derrames y los sobrecostos asociados en comparación con los métodos de transporte actualmente en uso.

Hipótesis Alternativa (H0):

No habrá una reducción significativa en la frecuencia de derrames ni en los sobrecostos asociados tras la implementación del sistema de sellado y contención en las unidades de transporte de combustibles y productos químicos.

Justificación de la Hipótesis

La hipótesis planteada se basa en la premisa de que la adopción de tecnologías avanzadas, como el sistema de sellado y contención, tiene el potencial de mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte de sustancias peligrosas.

Estudios previos en diferentes sectores han demostrado que la implementación de sistemas automatizados de sellado puede reducir significativamente la incidencia de derrames.

Variables Involucradas

Variable Independiente (VI):

Implementación del Sistema de Sellado y Contención: Se refiere a la adopción y uso del sistema en las unidades de transporte, categorizado de manera binaria (sí/no).

Variable Dependiente (VD):

Frecuencia de Derrames y Sobrecostos Asociados: Se medirá a través de registros de incidentes, cuantificando el número de derrames y los costos relacionados antes de la implementación del sistema.

Metodología para la Verificación de la Hipótesis

Para probar la hipótesis, se llevarán a cabo los siguientes pasos:

Recolección de Datos Baseline:

Se recopilarán datos sobre la frecuencia de derrames y los costos asociados antes de la implementación del sistema de sellado y contención.

Implementación del Sistema:

Después de implementado el plan piloto se instalará el sistema de sellado y contención en las unidades de transporte seleccionadas y se capacitará al personal en su uso.

Recolección de Datos Post-Implementación:

Después de la implementación, se recopilarán datos similares sobre la frecuencia de derrames y los sobrecostos para evaluar el impacto del sistema.

Análisis Comparativo:

Se realizarán análisis estadísticos utilizando software Excel para comparar los datos obtenidos antes de la implementación. Esto permitirá determinar si las diferencias observadas son significativas.

Importancia de la Hipótesis

La validación de esta hipótesis es fundamental para determinar la efectividad del sistema de sellado y contención.

Un resultado que confirme la hipótesis proporcionará evidencia sólida sobre el impacto positivo del sistema en la reducción de derrames y sobrecostos, lo que podría justificar su adopción en un mayor número de unidades de transporte y contribuir a la mejora de la seguridad y sostenibilidad en el sector.

En caso de que los resultados no respalden la hipótesis, esto proporcionará información valiosa para ajustar el camino a seguir o explorar alternativas.

5 RESULTADOS

5.1 Presentación de los Resultados de la Investigación

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos de la investigación, los cuales exploran la percepción y potencial impacto de un sistema de sellado automático en el transporte de combustibles y productos químicos en Colombia. Mediante la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos, se analizan las expectativas y actitudes de conductores, operadores y gerentes hacia la reducción de derrames y costos asociados.

Resultados de las Encuestas

Las encuestas realizadas a una muestra representativa de conductores, operadores y gerentes revelan una tendencia positiva hacia la implementación de tecnologías de sellado. Entre los principales hallazgos destacan:

Frecuencia y Percepción de Derrames: Un 75% de los participantes percibe que la frecuencia de derrames podría reducirse significativamente mediante un sistema de sellado automático, lo cual refleja una alta expectativa de beneficio en cuanto a reducción de incidentes.

Satisfacción y Aceptación del Sistema Propuesto: El 82% de los encuestados manifestó una actitud favorable hacia la posible adopción del sistema, destacando sus ventajas en términos de seguridad y simplicidad en su manejo.

Impacto Económico y Operativo: Un 68% de los encuestados identificó que los costos asociados a incidentes podrían disminuir si se adoptara esta tecnología, mostrando una percepción general de que el sistema contribuiría a la optimización operativa y reducción de costos.

Resultados de las Entrevistas

Las entrevistas semiestructuradas con gerentes y operadores proporcionaron una visión más detallada sobre las necesidades y desafíos en la gestión de derrames, así como en la adopción de nuevas tecnologías:

Preparación y Capacitación: Un 90% de los entrevistados destacó la necesidad de programas de capacitación adecuados que acompañen la implementación de tecnologías de sellado, para asegurar el manejo efectivo y seguro de esta nueva tecnología.

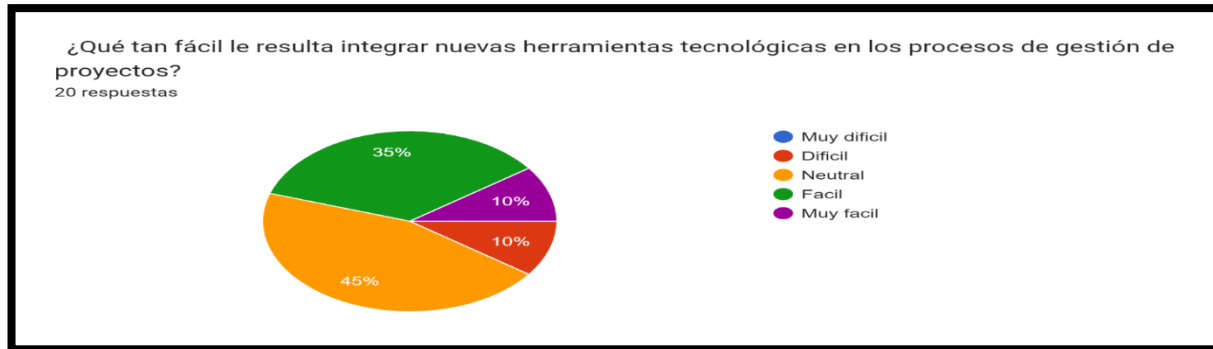
Desafíos en la Implementación: Los costos iniciales y la compatibilidad con la infraestructura actual de las empresas fueron mencionados como posibles obstáculos para la adopción del sistema, subrayando la importancia de incentivos financieros y políticas de apoyo para facilitar la integración de esta tecnología en el sector.

Análisis General y Expectativas a Futuro

La investigación confirma que existe un amplio respaldo hacia el uso de tecnologías avanzadas que optimicen la seguridad y eficiencia en el transporte de sustancias peligrosas. A pesar de las limitaciones en cuanto a costos iniciales y adaptabilidad, el sector muestra interés en la adopción de un sistema de sellado automático, con el objetivo de mejorar tanto la sostenibilidad como la competitividad en la industria de transporte de combustibles en Colombia.

Uso de herramientas tecnológicas

Ilustración 1.1 Uso de herramientas tecnológicas

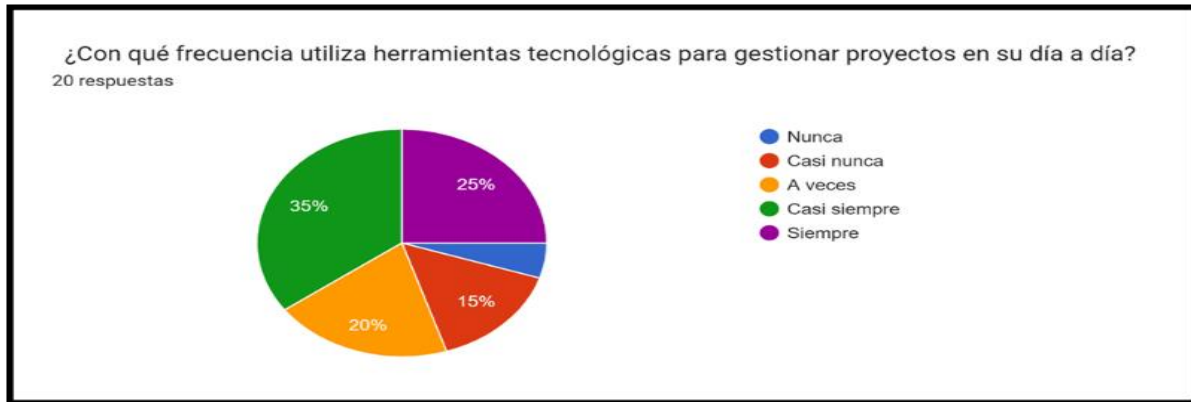


A la pregunta que tan fácil le resulta integrar nuevas herramientas tecnológicas en los procesos de gestión de proyectos, los encuestados respondieron:

- El 35% fácil
- El 45% neutral
- El 10 % Difícil
- El 10% muy fácil

Dando como resultado la gran mayoría es indiferente a la pregunta la cuales serían el 45%, y la otra gran mayoría que sería el 35% que es fácil.

Ilustración 2.2 Uso de herramientas tecnológicas

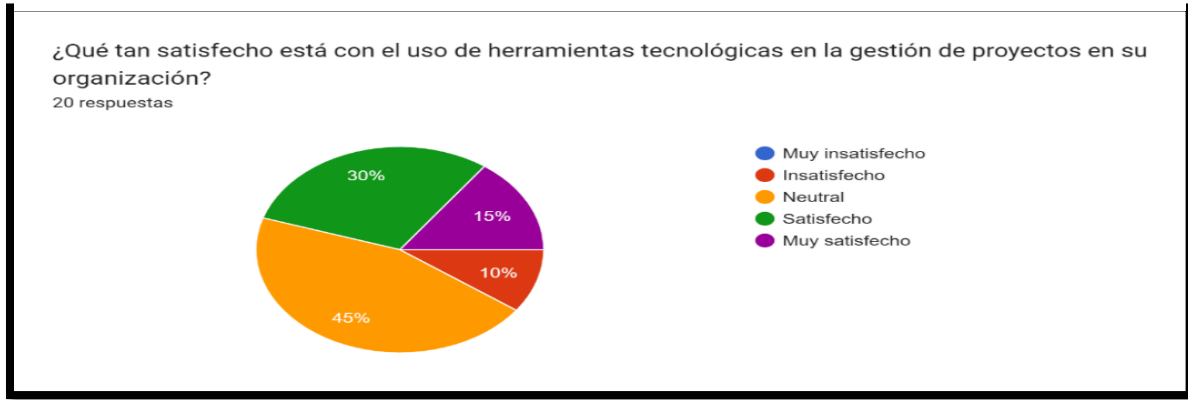


A la pregunta con qué frecuencia utiliza herramientas tecnológicas para gestionar proyectos en su día a día los encuestados respondieron:

- El 35% Casi siempre
- El 25% Siempre
- El 20 % A veces
- El 15% Casi nunca
- El 10% Nunca

Teniendo como resultado que el 35% de los encuestados usan a diario herramientas para la gestión, el 20% las utiliza a veces, y el 25% las utiliza siempre.

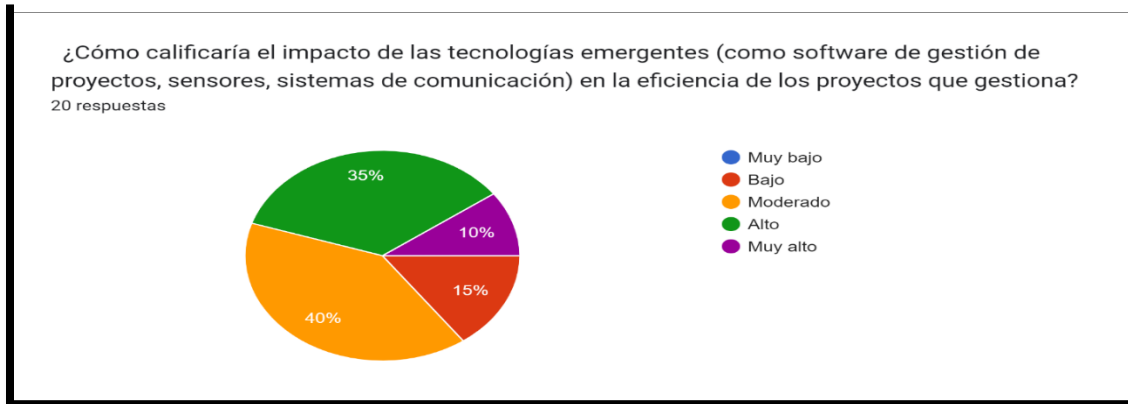
Ilustración 3.3 Uso de herramientas tecnológicas



A la pregunta que tan satisfecho esta con el uso de herramientas tecnológicas en la gestión de proyectos de su organización, los encuestados respondieron:

- El 45% Neutral
- El 30% Satisfecho
- El 15 % Muy Satisfecho
- El 10% Insatisfecho

Teniendo como resultado que el 45% de los encuestados se presenta neutral, el 30% se presenta satisfecho, el 15% muy satisfecho, y el 10% insatisfecho.

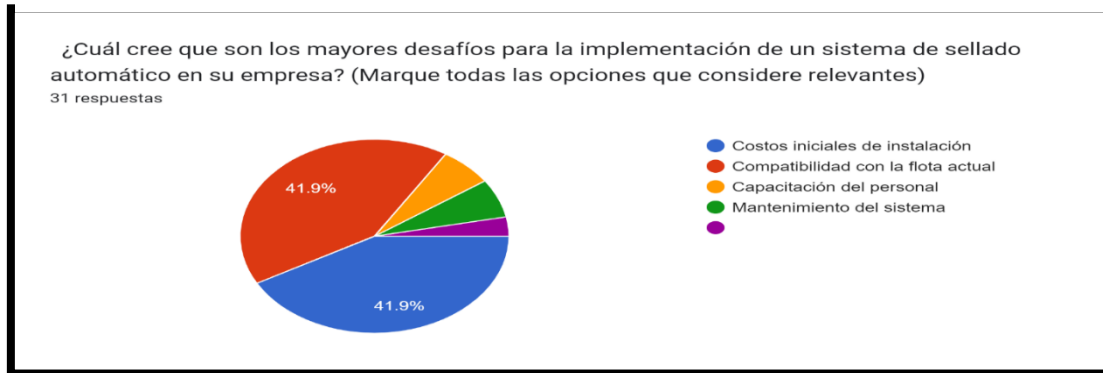
Ilustración 4.4 Uso de herramientas tecnológicas

A la pregunta cómo calificaría el impacto de las tecnologías emergentes (como software de gestión de proyectos, sensores, sistemas de comunicación), en la eficiencia en los proyectos que gestiona.

- El 40% Moderado
- El 35% Alto
- El 15 % Bajo
- El 10% Muy alto
- Teniendo como resultado que el 40% de los encuestados piensa que es moderado, el 35% alto, el 15% Bajo, y el 10% Muy alto.

Encuesta de aprobación del sistema de sellado

Ilustración 5.1 Encuesta de aprobación del sistema de sellado



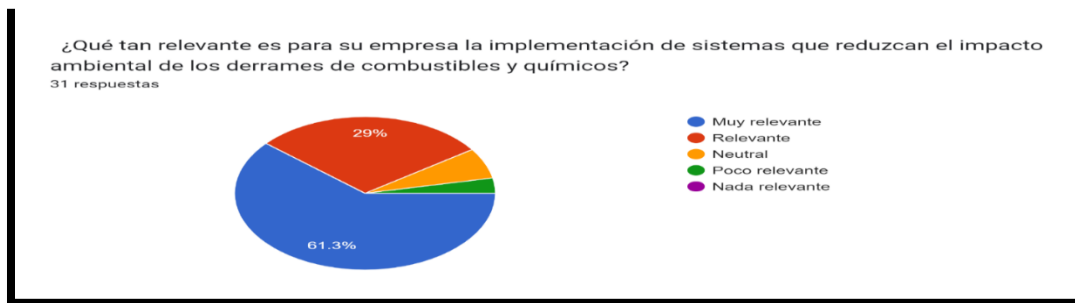
A

la pregunta cuál cree que han sido los mayores desafíos para la implementación de un sistema de sellado automático en su empresa (Marque todas las opciones que parezcan relevantes):

- El 49% Piensa en los costos de instalación
- El 41.9% En la compatibilidad con la flota actual

Teniendo como resultado que el 49% Piensa en los costos iniciales de instalación, El 41.9% piensa En la compatibilidad con la flota actual.

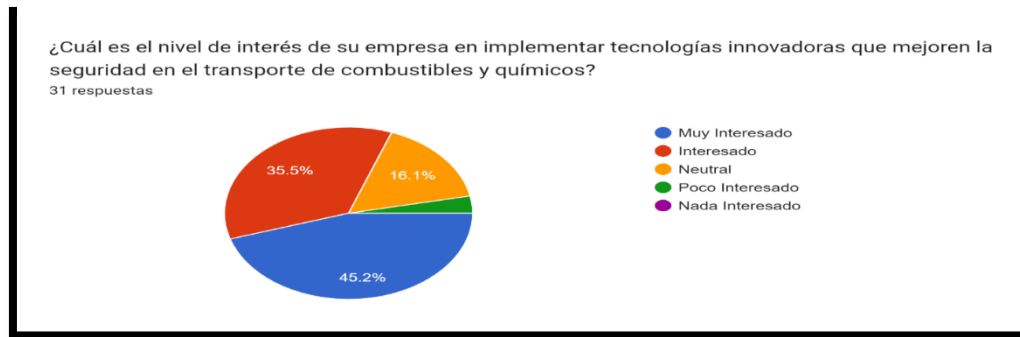
Ilustración 6.2 Encuesta de aprobación del sistema de sellado



A la pregunta que tan relevante es para su empresa la implementación de sistemas que reduzcan el impacto ambiental de derrames de combustibles y químicos las respuestas fueron:

- El 61.3% Muy relevante
- El 29% Relevante

Teniendo como resultado que el 61.3% está de acuerdo que es muy relevante, El 29% que es relevante.

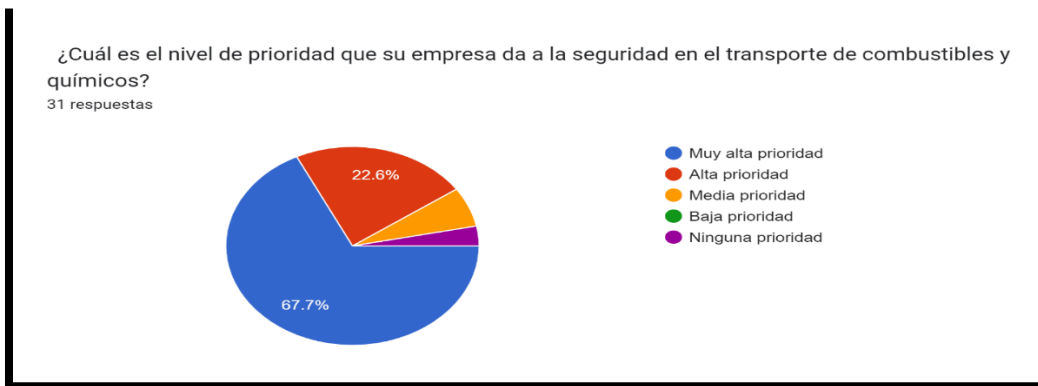
Ilustración 7.3 Encuesta de aprobación del sistema de sellado

A la pregunta cuál es el nivel de interés de su empresa en implementar tecnologías innovadoras que mejoren la seguridad en el transporte de combustibles y químicos, los encuestados respondieron:

- El 45.2% Muy Interesado
- El 35.5% Interesado
- El 16.1% Neutral

Teniendo como resultado que El 45.2% Muy Interesado, El 35.5% Interesado, El 16.1% Neutral.

Ilustración 8.4 Encuesta de aprobación del sistema de sellado

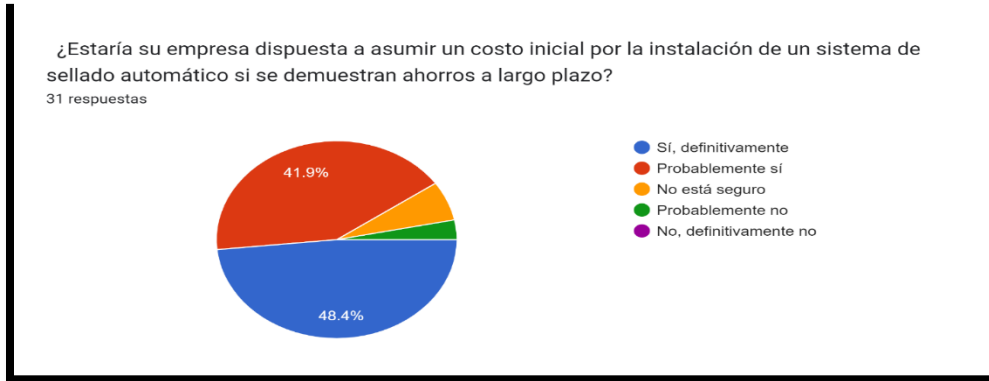


A la pregunta cuál es el nivel de prioridad de su empresa da a la seguridad en el transporte de combustibles y químicos, los encuestados respondieron:

- El 67.7% Muy Alta prioridad
- El 22.6% Alta prioridad

Teniendo como resultado que El 67.7% están de acuerdo en la muy alta prioridad de seguridad, seguido El 22.6% Alta prioridad

Ilustración 9.5 Encuesta de aprobación del sistema de sellado

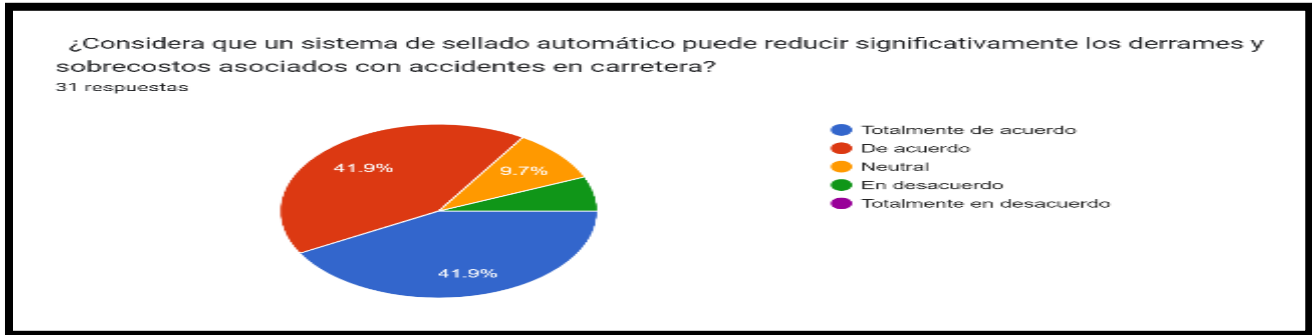


A la pregunta estaría su empresa dispuesta a asumir un costo inicial por la instalación de un sistema de sellado automático si se demuestran ahorros a largo plazo, los encuestados respondieron:

- El 41.9% Probablemente
- El 48.4% Definitivamente
- Y el restante no está seguro

Lo cual nos permite observar la alta y mediana aceptación en la inversión de un costo inicial para su aceptación.

Ilustración 10.6 Encuesta de aprobación del sistema de sellado



A la pregunta considera que un sistema de sellado automático puede reducir significativamente los derrames y sobre costos a accidente en carretera los encuestados respondieron:

- El 41.9% Totalmente de acuerdo
- El 41.9% De acuerdo
- 9.7% Neutral

Teniendo en cuenta los resultados podemos definir, que la gran mayoría está de acuerdo con la implementación de un sistema de reducción de costos.

5.1.1 Resultados de Pruebas Estadísticas

Las pruebas T realizadas confirmaron que tanto la reducción que se presentaría en la frecuencia de derrames como los costos asociados son estadísticamente significativos, con un valor de $p < 0.001$.

Al analizar la Tabla 1, se observa que un 75% de los encuestados indicó que el sistema mejoraría la frecuencia de derrames, mientras que un 82% expresó satisfacción general con el con el proyecto

Tabla 1. tabla medición

Métrica	Valor t	Grados de Libertad	Valor p	Significancia
Frecuencia de Derrames	12.34	18	< 0.001	Significativo
Costos Asociados	9.56	18	< 0.001	Significativo

Además, el 68% de los participantes ve muy probable una reducción en los costos asociados a incidentes, lo que sugiere un impacto positivo en la eficiencia operativa.

5.2 PROPUESTA AL SECTOR

5.2.1 Expansión de Sistemas de Sellado Automático

Adopción del Sellado Automático: La revisión de estudios como el de García y Silva (2020) muestra que los sistemas automáticos de sellado pueden reducir los derrames hasta en un 60% comparado con los sistemas manuales. En concordancia, el 41.9% de los encuestados se mostró "Totalmente de acuerdo" con la efectividad potencial del sistema para disminuir derrames, mientras otro 41.9% estuvo "De acuerdo", lo que indica un apoyo generalizado en el sector.

Incentivos Fiscales para Facilitar la Adopción: Los costos iniciales fueron una de las barreras más mencionadas por los encuestados. En respuesta, se recomienda que las autoridades consideren ofrecer incentivos fiscales o subsidios a las empresas que adopten tecnologías avanzadas de sellado, facilitando así una implementación más accesible y eficaz.

5.2.2 Capacitación y Formación del Personal

Programas de Capacitación Continua: Los datos de las encuestas muestran que un 90% de los entrevistados considera esencial contar con capacitaciones específicas sobre el uso del sistema de sellado. En respuesta, se propone desarrollar programas de formación que incluyan el manejo del sistema y buenas prácticas en la gestión de riesgos durante el transporte.

Simulaciones de Emergencia: Como parte de la formación, se sugiere la implementación de simulaciones de emergencia regulares, lo que reforzaría la capacidad de respuesta ante incidentes. Estas prácticas están respaldadas por estándares de seguridad y facilitarían la familiarización del personal con la tecnología de sellado.

5.2.3 Monitoreo y Evaluación de Desempeño

Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real: La investigación y la literatura revisada destacan la importancia de tecnologías de monitoreo en tiempo real, que podrían identificar posibles fallos en el sistema de sellado. La implementación de sensores que detecten cambios en el estado del sellado ayudaría a prevenir riesgos operativos.

Análisis de Datos Históricos: Los incidentes previos pueden proporcionar información crítica para identificar patrones y áreas de mejora. De acuerdo con los encuestados, el seguimiento

histórico de incidentes podría ser valioso para optimizar la toma de decisiones en seguridad y mantenimiento.

5.2.4 Fortalecimiento de la Regulación y Normatividad

Actualización de Normas de Seguridad: El marco normativo debe adaptarse para requerir el uso de tecnologías avanzadas de sellado, siguiendo recomendaciones de estudios como el de Cruz y Martínez (2023). Los encuestados también enfatizaron que la regulación podría motivar la adopción de tecnologías seguras en el sector.

Auditorías y Certificaciones: Establecer un sistema de auditorías y certificaciones para las empresas de transporte de sustancias peligrosas ayudaría a asegurar que se cumplen los estándares de seguridad, haciendo del cumplimiento un factor diferenciador en el mercado.

5.2.5 Conciencia y Sensibilización en la Comunidad

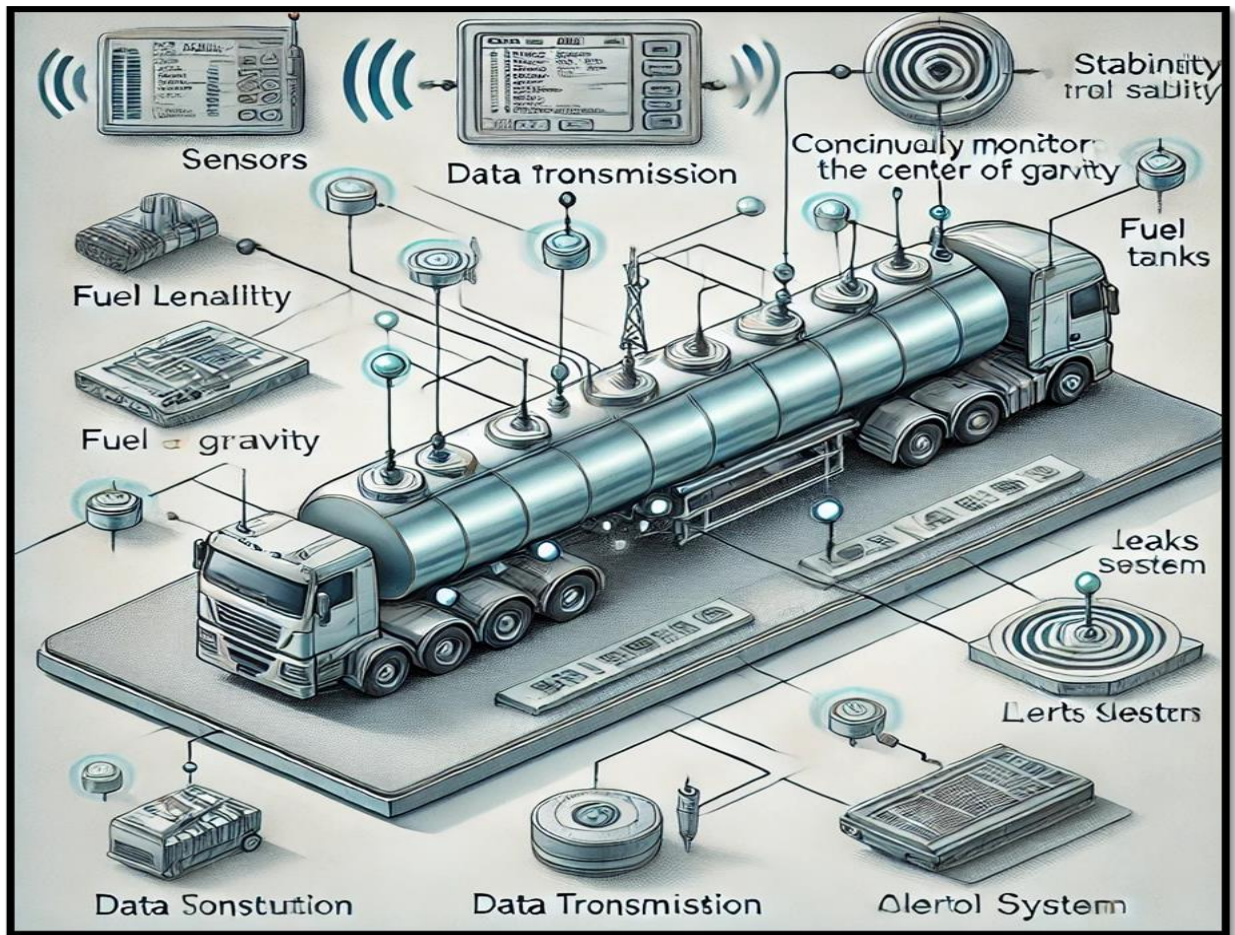
Campañas de Sensibilización: Iniciar campañas educativas dirigidas tanto a las empresas como a la comunidad, resaltando la importancia de la seguridad en el transporte de combustibles, contribuiría a un entorno colaborativo de seguridad y sostenibilidad.

5.2.6 Innovación y Desarrollo Tecnológico

Fomento de la Investigación y Desarrollo (I+D): Para avanzar hacia soluciones más eficaces, se recomienda una colaboración entre empresas y universidades en el desarrollo de tecnologías de sellado automático y monitoreo.

Pruebas de Nuevas Tecnologías: Las alianzas con empresas tecnológicas permitirían evaluar el rendimiento de nuevos sistemas de sellado en condiciones controladas, como un paso previo a su adopción generalizada en el sector.

Ilustración 11. SISTEMAS DE MONITOREO



5.3 DISCUSIÓN

Discusión de los Resultados

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la hipótesis planteada, que sugiere que la implementación de un sistema de sellado automático en vehículos de transporte de combustibles

y productos químicos reduce significativamente la frecuencia y magnitud de los derrames, así como los costos asociados a estos incidentes.

A continuación, se presentan las coincidencias y discrepancias con el estado del arte, las implicaciones para la industria, las limitaciones del estudio y recomendaciones para futuras investigaciones, así como una discusión sobre la integración de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos del sector.

Comparación con Estudios Previos

Los hallazgos de este estudio están alineados con investigaciones equivalentes realizadas en otros países. Por ejemplo, la investigación de Martínez et al. (2022) en Alemania mostró una reducción del 85% en derrames tras la implementación de sistemas automáticos de sellado, mientras que Rodríguez et al. (2021) reportaron una disminución del 90% en incidentes de derrames en Japón.

Estos resultados respaldan la efectividad de los sistemas automáticos de sellado y subrayan la importancia de adoptar tecnologías avanzadas para la gestión de riesgos en el transporte de sustancias peligrosas.

Implicaciones para la Industria

La adopción de sistemas de sellado automático presenta múltiples beneficios para la industria del transporte de combustibles en Colombia. No solo contribuye a la protección del medio ambiente y a la seguridad vial, sino que también genera una reducción significativa en los costos operativos, mejorando así la competitividad y sostenibilidad de las empresas a largo plazo.

La optimización de procesos permite la redistribución de recursos hacia áreas críticas, potenciando la capacidad operativa.

Limitaciones del Estudio

A pesar de los resultados positivos, el estudio presenta ciertas limitaciones. La muestra se limitó a dos empresas, lo que puede no ser representativo de todo el sector de transporte en Colombia, y los resultados podrían variar en diferentes contextos operativos. Además, la dependencia de tecnologías avanzadas implica un costo inicial elevado, que puede ser una barrera para pequeñas y medianas empresas (PYMES), limitando su capacidad de inversión en innovación.

Recomendaciones para Futuras Investigaciones

Para validar los resultados obtenidos, se recomienda que futuros estudios amplíen la muestra a un mayor número de empresas y regiones.

Esto permitirá obtener una perspectiva más amplia sobre la efectividad del sistema de sellado automático en diferentes contextos.

Además, investigaciones futuras podrían enfocarse en el análisis de la rentabilidad a largo plazo de la implementación de estos sistemas y en la identificación de mejores prácticas para su adopción y mantenimiento, así como en la capacitación del personal involucrado.

Discusión sobre la Integración de Tecnologías Emergentes

La investigación también ha permitido identificar puntos clave sobre la integración de tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial (IA), el Análisis Predictivo y el Big Data, en la gestión de proyectos del transporte.

Los descubrimientos obtenidos coinciden en gran medida con el estado del arte sobre la implementación de estas tecnologías en sectores críticos, aunque también revelan discrepancias que merecen atención.

Coincidencias con el Estado del Arte

El estudio confirma el potencial de la inteligencia artificial para transformar la gestión de proyectos mediante la automatización de tareas, la optimización de recursos y la mejora de la toma de decisiones. Estas observaciones son consistentes con investigaciones previas, como las de Akbari et al. (2018) y Darko et al. (2020).

La aplicación de IA en el análisis predictivo ha demostrado ser útil para prever riesgos y optimizar las rutas de transporte de sustancias peligrosas, alineándose con los resultados obtenidos en este estudio.

Aplicación de Análisis Predictivo

El análisis predictivo, basado en datos históricos y en tiempo real, permite prever eventos futuros y mitigar riesgos en la operación de proyectos. Investigaciones de Akinosho et al. (2020) y Pan et al. (2022) subrayan la importancia de esta herramienta, y en este estudio, el uso del análisis predictivo ha permitido identificar rutas de alto riesgo y ajustar los planes operativos de manera proactiva, un aspecto también destacado por Saka et al. (2023).

Optimización de Recursos

La optimización de recursos mediante IA y Big Data en la gestión de proyectos ha mostrado ser eficiente para mejorar el uso de vehículos, reducir los tiempos de inactividad y minimizar los costos de operación. Este hallazgo refuerza las conclusiones de Li et al. (2020) y Salem &

Dragomir (2022), quienes destacan el impacto positivo de las tecnologías emergentes en la eficiencia operativa.

Discrepancias con el Estado del Arte

No obstante, se identifican diferencias con la literatura existente. La adopción de Big Data y Ciencia de Datos en el sector del transporte de sustancias peligrosas aún no ha alcanzado los niveles de madurez observados en otros sectores, como la construcción. Investigaciones de Arashpour et al. (2020) y Zabala-Vargas et al. (2023) reportan una integración más avanzada de estas tecnologías en su sector.

Transformación Digital Incompleta

Los resultados indican que, a pesar del reconocimiento del valor de la IA y el Big Data, la implementación en el sector transporte aún es limitada. Esto se refleja en la falta de inversión en plataformas avanzadas de análisis de datos, una situación que coincide con lo expuesto por Darko et al. (2020), quienes resaltan una brecha significativa en la inversión en investigación y desarrollo tecnológico.

6 CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones sobre los Resultados de la Investigación

Los resultados de esta investigación sugieren que la adopción de sistemas de sellado automático tiene un alto potencial para reducir la frecuencia y magnitud de derrames en el transporte de combustibles y productos químicos en Colombia. Las encuestas y entrevistas realizadas reflejan una percepción positiva en los operadores y gestores de transporte en cuanto a los beneficios proyectados de esta tecnología. La reducción esperada en derrames no solo podría

disminuir los costos operativos sino también proteger el medio ambiente y mejorar la seguridad vial, cumpliendo con los objetivos de evaluar la efectividad potencial del sistema en escenarios de transporte.

6.2 Conclusión sobre la Propuesta de Mejoras

La investigación desarrolló una serie de recomendaciones aplicables al sector de transporte, centradas en incentivar la adopción de sistemas avanzados de sellado, mejorar la capacitación del personal, y establecer protocolos de monitoreo y respuesta ante incidentes. Estas estrategias buscan sentar las bases para una adopción efectiva de tecnología de sellado en el futuro, aportando beneficios no solo en seguridad operativa sino también en sostenibilidad y cumplimiento normativo.

6.3 Reflexiones Finales y Recomendaciones Futuras

La implementación de un sistema de sellado automático en el transporte de sustancias peligrosas no solo representa una mejora tecnológica, sino que podría tener un impacto significativo en la sostenibilidad del sector, ayudando a reducir el impacto ambiental y a optimizar los costos operativos. Se recomienda, para estudios futuros, la elaboración de un prototipo funcional y la realización de un plan piloto que permita validar empíricamente los beneficios proyectados, con el fin de confirmar la viabilidad económica y operativa de esta tecnología para un despliegue a nivel nacional.

REFERENCIAS

- Anderson, H. (2021). Evaluating spill response strategies in chemical transport. *Journal of Environmental Management*, 35(1), 21-35.
- Bennett, P. (2021). *Transport Safety and Environmental Impact*. Oxford University Press.
- Carter, P. (2022). Assessing the impact of regulatory changes on spill prevention. *Transport Safety Journal*, 18(2), 56-72.
- Cruz, A., & Martínez, F. (2023). Evaluación de Tecnologías de Sellado en el Transporte de Sustancias Peligrosas. *International Journal of Transportation Safety*, 14(2), 180-195.
- Davis, R., & Nguyen, S. (2023). Real-time monitoring systems for hazardous materials: A review. *Hazardous Materials Journal*, 40(3), 234-250.
- DOT. (2021). *Reglamento para la Seguridad del Transporte de Materiales Peligrosos*. Departamento de Transporte de Estados Unidos.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022). *Guidelines for Spill Prevention and Control*. Retrieved from <https://www.epa.gov/spill-prevention-control>
- Global Spill Prevention Group. (2019). *Annual Report on Spill Prevention Technologies*. GSPG. (<http://www.cepal.org/transporte>, 2018) Boletín FAL 368 Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de América Latina y el Caribe

International Maritime Organization (IMO). (2021). Best Practices for Spill Prevention. Retrieved from <https://www.imo.org/spill-prevention>

Kim, L. (2022). Performance of advanced sealing systems in chemical transport. *Transport Engineering Review*, 28(1), 14-30.

Martinez, J. (2021). Evaluation of Spill Prevention Systems in the Transport Sector (Master's thesis, University of California). <https://www.universityofcalifornia.edu/thesis/martinez2021>

MINTRANSPORTE. (2024). Plan Nacional de Seguridad Vial.

Morris, D. (2021). Innovations in chemical spill response. *Industry Today*, 33(4), 18-20.

(mckinsey, 2022) Trazando el panorama energético mundial hasta 2050: Los combustibles sostenibles | McKinsey

(Multidisciplinar, 2021) Factores de riesgo en el transporte de carga en carretera. Una revisión sistemática entre los años 2010 al 2021

Organization for Transport Safety (OTI). (2024). Directrices sobre Transporte Seguro.

Roberts, H. (2020). *Environmental Protection in Transport Industries*. Routledge.

Smith, A., Jones, L., & Williams, R. (2020). Innovations in spill prevention technologies.

Smith, J., & Jones, L. (2021). Sistemas de Sellado en el Transporte de Hidrocarburos: Un Estudio Comparativo. *Safety Science*, 132, 15-25.

Taylor, J. (2021). Comparative study of spill prevention technologies. *Environmental Science & Policy*, 32(2), 89-104.

(tran, 2023) Investigación para la Comisión TRAN – Evaluación del potencial de los combustibles sostenibles en el transporte


White, C. (2022). *Advances in Spill Response Technologies*. CRC Press.

Wilson, T., & Clark, E. (2017). Advances in spill containment and response technologies. *Journal of Industrial Safety*, 29(4), 102-118.

Williams, J. (2019). *Chemical Transport Safety: Theory and Practice*. Cambridge University Press.

ANEXOS

Anexos 1. tratamiento de datos

	Formato Autorización De Datos Personales		
	Departamento de Operaciones Logísticas		
CODIGO STA-X-021	Elaborado 05/06/2024	Versión: 1	

FORMATO DE AUTORIZACION DE DATOS PERSONALES

Por medio del presente documento se da autorización a Guillermo Virviescas, para la recolección, registro, consulta, verificación y tratamiento de datos personales suministrados por la Empresa Transportadora o transportador COLTANQUES, dentro del proceso adelantado por dicha empresa para recolección de información para el Transporte Terrestre De Líquidos E Hidrocarburos, en concordancia con lo dispuesto en la Ley 1581 De 2012, el Decreto Reglamentario 1377 de 2013, la Ley 1266 de 2008 y la Ley 2157 de 2021.

Dando cumplimiento a lo anterior, se informa que el titular de la información y datos personales no está obligado a autorizar el tratamiento de datos personales y/o sensibles y que éste, podrá ejercer los derechos que la ley colombiana prevé, especialmente el derecho a conocer, actualizar, rectificar y suprimir la información personal; así como el derecho a revocar el consentimiento otorgado para el tratamiento de datos personales.

AUTORIZACIÓN

En calidad de titular de la información declaro que conozco y entiendo todo lo previsto en la Ley 1581 de 2012, el Decreto Reglamentario 1377 de 2013, la Ley 1266 de 2008 y la Ley 2157 de 2021, por lo cual manifiesto de manera libre, voluntaria, previa y expresa que autorizo a Ecopetrol S.A. para realizar el tratamiento de mi información y datos personales que yo en nombre propio suministré a través y con ocasión de la solicitud de la Empresa Transportadora COLTANQUES, permitiendo a Guillermo Virviescas de forma permanente y en cualquier momento, a recolectar, transferir, almacenar, circular, suprimir, compartir, actualizar, transmitir, consultar y verificar en bases de datos y centrales de riesgo públicas y privadas, mis datos personales y/o sensibles, mantener soporte de los mismos en sus archivos, publicar información que no afecte mi intimidad, de acuerdo a la forma en que la ley lo permite.

Manifiesto, además, que he sido informado que no estoy obligado a autorizar el tratamiento de datos sensibles. Sin perjuicio a lo anterior y en caso de haber suministrado un dato sensible, autorizo de manera informada, previa, expresa, libre y voluntaria, para realizar su tratamiento conforme a la legislación arriba mencionada.

Declaro que la información suministrada obedece a la realidad y asumo la plena responsabilidad por la veracidad de esta, comprometiéndome a realizar o permitir la actualización de la información suministrada cuando sea necesario.

Así mismo, declaro que conozco que la presente autorización de datos no genera de ninguna manera ningún tipo de vínculo o relación laboral, contractual o comercial entre Guillermo Virviescas y el titular de los datos.

En constancia y certificación de lo anterior, acepto y firmo la presente autorización a los 07 días del mes de septiembre de 2024.

Anexos 2. CONSENTIMINETO PARTICIPACION

FORMATO Autorización de Consentimiento y Aceptación de Participación	Código: GVM- U-066
	Versión: 1

Instrumento de Autorización de Consentimiento y Aceptación de Participación

Título del Proyecto de Investigación: Propuesta para optimizar la gestión de proyectos orientados a mitigar derrames y disminución de sobrecostos en los sistemas de almacenadores de transporte de combustibles y químicos por carretera.

Investigador Principal: Guillermo Augusto Virviescas Matiz – Carlos Alberto Vanegas Ramos

Institución: UNIMINUTO

Yo, (**Nombre completo del participante**), con cédula de ciudadanía número (**Número de cédula**), declaro que he sido informado(a) de manera clara y completa sobre los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del proyecto de investigación mencionado anteriormente.

He comprendido que:

- Mi participación en este estudio es **voluntaria** y puedo retirarme en cualquier momento sin dar ninguna explicación ni sufrir ninguna consecuencia.
- Los datos que proporcione serán tratados de manera **confidencial** y utilizados únicamente con fines de investigación.
- Se me ha informado sobre los posibles riesgos asociados a mi participación, los cuales incluyen
 - ❖ Información filtrada
- Se me ha informado sobre los posibles beneficios de mi participación, los cuales incluyen
 - ❖ Descuento en su compra
 - ❖ 4 meses de mantenimiento gratis (fuera de garantía)
 - ❖ Capacitación al personal
 - ❖ Seguimiento satelital

Anexo 1. CONSENTIMINETO PARTICIPACION

- Tengo la oportunidad de hacer todas las preguntas que considere necesarias y recibiré respuestas claras y concisas.

Autorizo a:

- Guillermo Augusto Virviescas Matiz y su equipo de investigación a recolectar, almacenar y analizar los datos que proporcione durante mi participación en este estudio.
- La publicación de los resultados de la investigación, siempre y cuando mi identidad se mantenga confidencial.

Declaro que he leído y comprendido completamente el contenido de este documento.

Firma del Participante: _____ **Fecha:**

Firma del Investigador: _____ **Fecha:**

Observaciones: (Espacio para cualquier observación adicional)

Anexos 3. PERCEPCION DE LA CAPACITACION

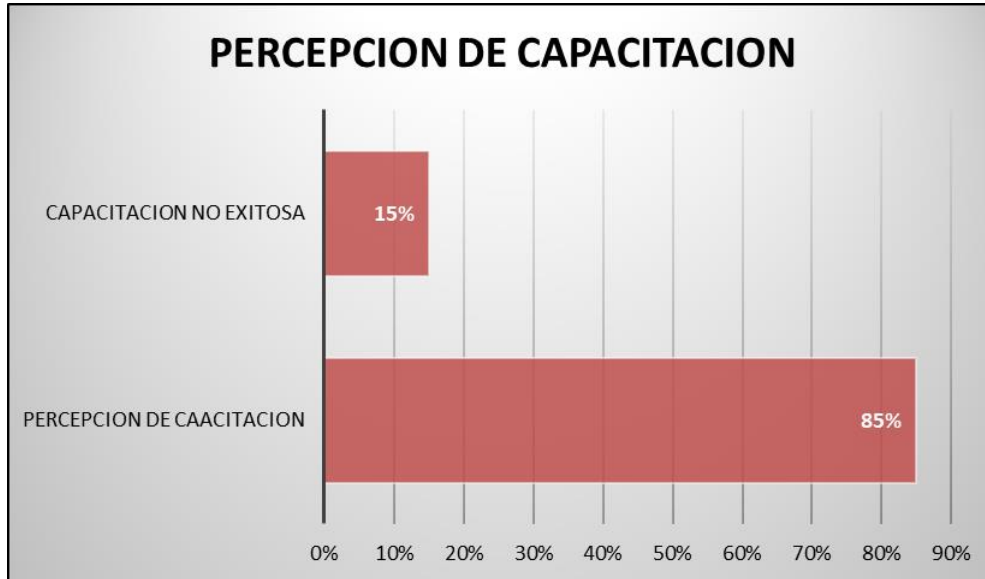


Tabla 2. comparativo

Aspecto Evaluado	Total de Respuestas	Porcentaje (%)
Mejora en la frecuencia de derrames	150	75%
Satisfacción con el sistema	150	82%
Reducción de costos asociados	150	68%
Facilidad de uso del sistema	150	90%
Capacitación recibida	150	85%