

**MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA EL FORTALECIMIENTO
DE LA SUPERVISIÓN CONTRACTUAL PARA EL SUMINISTRO DE
COMBUSTIBLE EN ENTIDADES PUBLICAS**

Johan Alexander Godoy Romero

Ingeniero Mecánico

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Ingeniería

Dirigido por:

Prof. Dr. Felix Vivian Mohr

Universidad de la Sabana

Chía

2022



PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
RESUMEN GRAFICO.....	8
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS.....	12
MARCO CONCEPTUAL	13
BUSINESS INTELLIGENCE	13
ESTADO DEL ARTE	14
DESARROLLO METODOLÓGICO Y HALLAZGOS	17
METODOLOGÍA.....	17
DETECCIÓN DE FRAUDES DE COMBUSTIBLE.....	20
DETECCIÓN DE MOVIMIENTO IRREGULAR DE VEHÍCULOS.....	35
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS	48
APÉNDICE.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Registros de combustible.	11
Tabla 2.	Consumos de Combustibles.....	26
Tabla 3.	Capacidad del Tanque vs Rendimiento esperado.	30
Tabla 4.	Información estadística del desarrollo No 1.....	30
Tabla 5.	Historial de transacciones del Vehículo.....	34
Tabla 6.	Listado de placas y ubicación geográfica	37
Tabla 7.	Listado de departamentos y municipios	38
Tabla 8.	Información estadística del desarrollo No 2.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Metodología implementada	19
Figura 2.	Gráfico de Rendimiento de Combustible	22
Figura 3.	Gráfico de Estado del Tanque inicial	23
Figura 4.	Gráfico de Estado de Tanque +1	24
Figura 5.	Gráfico de Variación de Estado del Tanque	25
Figura 6.	Gráfico de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1	26
Figura 7.	Gráfico de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1 con reabastecimiento completo	28
Figura 8.	Gráfico de Estado del estado del tanque y su probabilidad de exceso de combustible	28
Figura 9.	Gráfico consolidado de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1.	29
Figura 10.	Histograma de la probabilidad de fraude	31
Figura 11.	Diagrama de cajas de la probabilidad de fraude	31
Figura 12.	Gráfico modelo de Flota	32
Figura 13.	Gráfico de dinámica de consumo no real	32
Figura 14.	Gráfico Estado del tanque con potencial caso de fraude	33
Figura 15.	Gráfico de dinámica de consumo irregular	34
Figura 16.	Gráfico Combustible Autorizados vs No autorizados por Municipio ...	36
Figura 17.	Gráfico consolidado de Combustible Autorizados vs No autorizados	39
Figura 18.	Histograma de la fracción de litros inválidos	40
Figura 19.	Diagrama de cajas de la fracción de litros inválidos	40
Figura 20.	Gráfico de Combustible Autorizados vs No autorizados	41
Figura 21.	Gráfico de Combustible No autorizados Bogotá	42
Figura 22.	Gráfico de Combustible No autorizados por Municipio	42
Figura 23.	Gráfico de Combustible Autorizado y No autorizados por Municipio ..	43

RESUMEN

Históricamente la Agencia Nacional de Contratación Pública Colombia Compra Eficiente ha regido la administración pública de bienes y servicios a través de acuerdo marco de precio para el suministro de combustible. Entre sus objetivos está la de promover la competencia de precios, ofrecer un sistema de fácil acceso de compra y generar un ambiente donde se establecen las reglas y se genere confianza. Todas las entidades públicas mantienen dentro de sus bienes una flota de vehículos la cual apoya a la operatividad y cumplimiento misional del ente gubernamental; esta flota regularmente es administrada por un equipo de trabajo que apoya a la gestión de estos activos y supervisa entre varios tantos el contrato de suministro de combustible como parte fundamental para la operatividad del bien. Para el caso de entidades de orden nacional como es el caso del Instituto Nacional De Vías que mantiene una operación en diferentes lugares del territorio nacional, generalmente se supervisan estas actividades en la ciudad de Bogotá en la planta central de la entidad.

La actividad de control y supervisión en el suministro de combustible requiere de grandes esfuerzos, considerando el presupuesto elevado que representa a nivel operativo para las entidades públicas, en donde para los años comprendidos entre 2015 y 2017, las 30 entidades estatales de mayor consumo esta cifra ascendió a los \$544 mil millones de pesos, representando el 46,82% de la contratación en combustibles para el Estado Colombiano.

Por tanto, se plantea en esta investigación la implementación de estrategias gerenciales a través de Business Intelligence a fin de buscar un mejor aprovechamiento y control del presupuesto asignado a combustible, y dar uso de diferentes herramientas tecnológicas para el control y seguimiento de la operatividad y consumo de combustible de las unidades adscritas al ente público.

RESUMEN GRAFICO

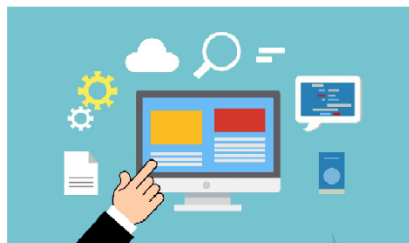
SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE



ALMACENAMIENTO DE DATOS

FECHA	HORA	PLACA	MONEDA	TIPO DE MONEDA	TRANSACCION	MONEDA GEN. MONEDA	GRANDES	VAL.	OTRO VAL.	NUMERO
10/02/20	10:24	xxxx	GR	GR	COMPRAR	814	24	2275	OTRO VAL. VINCULO	814
10/02/20	10:53	xxxx	GR	GR	COMPRAR	576	136	3787	OTRO VAL. VINCULO	576
10/02/20	11:55	xxxx	GR	GR	COMPRAR	762	10	7620	OTRO VAL. VINCULO	762
10/02/20	13:47	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	170	2100	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	13:42	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	138	2400	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	13:43	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	15	12550	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	11:25	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	440	3360	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	12:27	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	3232	12432	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	14:28	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	5	4560	OTRO VAL. VINCULO	838
10/02/20	15:43	xxxx	GR	GR	COMPRAR	838	135	2030	OTRO VAL. VINCULO	838

PROCESAMIENTO Y ANALISIS



DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN

El Estado Colombiano ha implementado diferentes estrategias con el fin de mitigar el riesgo de corrupción que ha aquejado históricamente al país, es por eso que a través del acuerdo marco de precios de combustible de Colombia Compra Eficiente, se establecen las condiciones para que las entidades públicas contraten el suministro con distribuidores minoristas o compañías que ofrecen medios de pago alternativos. Dentro de las bondades de este acuerdo se encuentra que a través de los proveedores se otorga el servicio de una plataforma de control la cual almacena la información de las transacciones de combustible, que según el tamaño de la flota y su operatividad puede llegar a generar dificultad para su análisis e interpretación en la labor de supervisión

La Agencia Nacional de Contratación Pública, establece los lineamientos descritos en el acuerdo marco para que las entidades gubernamentales contraten los servicios de combustibles, sin embargo, no dispone de mecanismos de control a la hora del suministro del carburante que consolide toda la data de los proveedores, para generar un histórico en cuanto al acceso del servicio por fecha, día, tipo de combustible, kilometraje, zonas, transacción entre otros parámetros.

Con la implementación de un software que permita controlar ciertos indicadores de rendimiento (KPI), se espera que dentro de un determinado periodo de tiempo, se establezcan métricas que ayuden a implementar políticas que mitiguen las desviaciones irregulares en cuanto al consumo. El análisis de los datos permitirá a las organizaciones desarrollar mejores estrategias durante la ejecución del presupuesto asignado a combustible, buscando siempre la mejor administración del recurso, aun teniendo en cuenta que este rubro es susceptible a hurto y es por eso que amerita un mayor esfuerzo en el control a través de la información recolectada. Desafortunadamente los organismos públicos carecen de una cultura de datos en donde solo el 36% de las entidades afirma que emplean

algoritmos para llevar a cabo analítica y de estos el 74% desconoce o confunde los algoritmos con herramientas para procesar información (DNP, 2017).

Las entidades públicas de orden nacional manifiestan que la falta de capacitación respecto a la analítica de datos y sus aplicaciones es la principal barrera para el aprovechamiento de la información, representadas en un 63% (DNP, 2017), es por eso que el Estado Colombiano al ver reflejada esta problemática, busca implementar estrategias como Business Intelligence (BI), que permite procesar los datos de manera eficiente para su rápido análisis y proyección de tendencias, de lo cual se espera aportar a las entidades públicas, para que sus decisiones sean basadas en evidencia.

Una flota vehicular demanda para su operación el uso de diferentes recursos dentro de los cuales se encuentra con mayor relevancia el suministro de combustible como insumo fundamental para su funcionamiento. Ante la dificultad para ejercer un control eficaz en el uso del combustible, surge la necesidad de mantener un constante seguimiento al presupuesto y a cada una de las unidades que requieren de este recurso.

Con base en lo anterior se han planteado algunas hipótesis de fraude en el consumo de combustible, formulando para cada una de ellas una pregunta de análisis, identificando los datos disponibles y una solución a la pregunta:

1. Hipótesis de fraude:

- **Fraude en las transacciones de combustible o consumo atípico por fuera de parámetros de rendimiento.**

Pregunta: ¿Se pueden inferir indicios de fraude en el consumo de combustible con base en consumos atípicos o por fuera de parámetros de rendimiento?

- **Destinación del combustible para la operación.**

Pregunta: ¿El combustible está siendo destinado para circular sobre las ciudades y/o corredores viales definidos para la operación?

2. Datos disponibles: Se cuenta con los registros de cada una de las transacciones de combustible. Estos resultados pueden llegar a caracterizarse con 10 atributos diferentes.

FECHA	HORA	PLACA	MONEDERO	PRODUCTO / SERVICIO	TRANSACCIÓN	PRECIO GLS CON DESCUENTO	GALONES	M.N.	ESTACIÓN	MUNICIPIO
16/10/2020	00:26:36	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8134	2,8	22775	ESTACION DE SERVICIO EL CANADUZAL	BUGA
16/10/2020	00:32:03	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	9716	3,848	37387	ESTACIONES DE SERVICIO LOS OSOS	SANTA ROSA DE OSOS
16/10/2020	01:02:55	xxxxx	ACPM	ACPM	CONSUMO	7829	10	78290	EDS PALMIRA	PALMIRA
16/10/2020	01:05:47	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8399	3,739	31400	EDS AV CIUDAD DE QUITO	BOGOTA
16/10/2020	01:09:12	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8399	3,08	25870	EDS AV CIUDAD DE QUITO	BOGOTA
16/10/2020	01:14:13	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8370	15	125550	EDS LOS TOBOGANES	EL CERRITO
16/10/2020	01:22:05	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8286	4,461	36960	EDS CBRS	BOGOTA
16/10/2020	01:22:37	xxxxx	ACPM	ACPM	CONSUMO	8180	15,202	124352	EDS GUABINAL	IBAGUE
16/10/2020	04:29:08	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	8290	5	41450	EDS ESSO LOS COMUNEROS	BOGOTA
16/10/2020	05:01:43	xxxxx	GAS CORRIENTE	GAS CORRIENTE	CONSUMO	6878	3,635	25002	ESTACION PANAMERICANA	PASTO

Tabla 1. Registros de combustible.

3. Solución: Se propone usar los datos de ubicación de la estación de servicio, recorridos, galones suministrados, rendimiento de combustible, autonomía del vehículo, ciudades de operación, con el fin de:
- Analizar tendencias que permitan inferir malas prácticas para el uso del combustible.
 - Evaluar las zonas de operación y determinar las ciudades en las que se está cumpliendo o no con la correcta destinación del combustible requerido para la misión.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de inteligencia de negocios como herramienta que le permita a las entidades públicas inferir posible fraude en el suministro de combustible de la flota vehicular para el fortalecimiento de la supervisión contractual.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Determinar sospecha de fraude en el consumo combustible a través de indicadores de control y consumo en términos de litros por cada 100 km.
2. Evaluar la correcta destinación del combustible con base en las ciudades definidos para la operación de cada vehículo.

MARCO CONCEPTUAL

BUSINESS INTELLIGENCE

“La inteligencia de negocios o Business Intelligence (BI) es el conjunto de procesos, aplicaciones y tecnologías que permiten la obtención rápida y sencilla de datos provenientes de los sistemas de gestión empresarial para el análisis e interpretación, de esta manera puedan ser aprovechados para la toma de decisiones y se conviertan en conocimiento para los responsables del negocio” (Abreu, E.,2022).

Según Pérez (2015), “la Inteligencia de negocio o BI (Business Intelligence) se define como el conjunto de estrategias enfocadas en la administración y creación de conocimiento sobre el medio, a través del análisis de los datos existentes en una organización o empresa. Se refiere al uso de datos de una empresa, para su procesamiento y posterior análisis con el fin de facilitar la toma de decisiones.”

Los sistemas de información son herramientas fundamentales en la inteligencia de negocios debido a que su utilización se forma con distintos datos extraídos del ámbito productivo, administrativo, económico, y todo aquello que se encuentre asociado a la empresa. Mediante las herramientas se obtienen los datos de diferentes fuentes, se depuran y preparan con el fin de homogenizarlos, para luego cargarlos a una base de datos. La implementación y éxito de un software de inteligencia de negocios dependerá directamente de los beneficios que arroje esta iniciativa y de cómo la gerencia tendrá la competencia de sacar provecho de esta herramienta, por lo que a largo plazo se estimaría su consolidación debido a los buenos resultados obtenidos, o por el contrario, se buscaría una nueva alternativa que satisfaga las expectativas en caso tal de no cumplir con las metas propuestas (Pérez, 2015).

“Las herramientas y metodologías para la inteligencia de negocios tienen las siguientes características que garantizan su buena implementación:

- a) *Accesibilidad a la información.* Los datos son la principal fuente de este concepto. Lo primero que deben garantizar este tipo de herramientas y métodos es que los usuarios tengan acceso a los datos, independientemente de su origen.
- b) *Apoyo en la toma de decisiones.* Su objetivo es hacer un esfuerzo adicional en la presentación de información para que los usuarios tengan acceso a herramientas analíticas que les permitan seleccionar y manipular solo los datos que les interesan.
- c) *Orientación al usuario final.* Busque la independencia entre el conocimiento técnico de los usuarios y la habilidad para usar estas herramientas” (Pérez, 2015).

Las empresas deben estar en constante desarrollo de sus competencias para poder reaccionar ante los cambios que se dan en el mercado en el menor tiempo posible, teniendo presente que en el mundo se vienen gestando cada vez más rápido nuevas tecnologías que impulsan un nivel competitivo más alto, es por ello que las organizaciones están en la búsqueda de la mayor cantidad de información disponible que apoyado en los sistemas de información se vuelven herramienta fundamental como soporte en la toma de decisiones en la implementación de estrategias de Business Intelligence, ya que no solo se trata en la recopilación de información sin objeto aparente, si no por el contrario de convertirse en eje fundamental para el soporte de los procesos básicos de la organizaciones reduciendo la incertidumbre en la tarea gerencial (Pérez, 2015).

ESTADO DEL ARTE

Como documento relacionado se expone el trabajo realizado por Vázquez Galán, J. (2016), en su tesis la cual expone una plataforma de Business

Intelligence para el seguimiento de flotas, en la cual se buscó la solución al problema detectado en el ámbito de la mejora de procesos. Para obtener la mejora se optó por el diseño e implementación de un sistema informático del ámbito de la inteligencia del negocio (BI) que permitiera automatizar actividades de cálculo y disponer de indicadores que permitan la optimización del proceso.

El uso del sistema GPS fue un complemento para este proyecto, toda vez que automatizó el registro de información, ampliando el rango de datos que antes no se almacenaban o que por otra parte se registraban de forma manual, como es el caso de la toma de tiempos de llegada y salida de las rutas, informe de paradas no autorizadas o detección del perfil de conducción para la optimización de combustible. Por último se concluye que la herramienta de inteligencia de negocios no garantiza una mejora en sí, más bien es un medio crucial para monitorear los procesos y la calidad del sistema, optimizando y mejorando los procesos (Vázquez, 2016).

Niebel, Ebendt y Kuhns (2014) desarrollaron un sistema telemático para el análisis del consumo de combustible de una flota de vehículos, dentro del marco del proyecto de investigación europeo SimpleFleet, cuyos vehículos de la flota se encontraban equipados con una unidad a bordo (OBU) que brinda seguimiento GPS, con la obtención de información de la operación del vehículo. El proyecto dedicado a pequeñas y medianas empresas (PYMES), logró establecer como requerimiento de usuario, que los administradores de flota no pagarían por un sensor de combustible al ser demasiado costoso, de tal manera que el consumo de combustible se calcularía basado en los registros de velocidad. Este sistema trabaja en función de los factores de velocidad media, pendiente longitudinal y año modelo, esto último parametrizado con unos factores de corrección según el tipo de vehículo y ruta de circulación. Como resultado el software FleetAnalytics calcula estadísticas diarias, casi en tiempo real, para el seguimiento de los activos, brindándole la posibilidad a las empresas de implementar mejoras, incluyendo un

enrutamiento más eficiente con menos tiempo de operación y por ende menos emisiones.

Vemos otra aplicación en el caso de estudio sobre automóviles utilizados para el almacenamiento ilegal de combustible en Bolivia, expuesto por Aquize y Santos Filho (2018). En este caso, la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Bolivia implementó un modelo de detección de anomalías en los registros de abastecimiento de combustible, data que es almacenada a través de los registros de la tecnología RFID asociados a la flota vehicular. La problemática se centra en el contrabando de combustible que llevan a cabo ciudadanos al aprovecharse del subsidio que brinda el gobierno nacional sobre 50% del costo de este recurso, motivo por el cual la Entidad debe regular, controlar y fiscalizar las actividades ilícitas que se configuran al respecto.

El desarrollo computacional para la detección de anomalías determina puntajes de acuerdo a la novedad presentada e identifica posibles casos de almacenamiento ilegal, esto gracias al reconocimiento de perfiles y algoritmos de agrupamiento no supervisado. Como soporte, se diseñó de igual forma un tablero personalizado que aumenta la visualización con múltiples perspectivas sobre el conjunto de datos logrando una mejor estructura de la información según su contexto.

DESARROLLO METODOLÓGICO Y HALLAZGOS

METODOLOGÍA

Como instrumento metodológico, se implementó para este modelo de inteligencia de negocios, el siguiente proceso (ver figura 1) basado en la metodología SCRUM¹ que inicia con la identificación de la necesidad, que para este caso hace referencia al fortalecimiento del control de combustible para mitigar el riesgo de fraude; posteriormente se da paso al planteamiento de hipótesis que va ligado directamente a los objetivos estipulados del proyecto, definidos por un alcance específico y medible.

La información es parte fundamental de este proceso, es por eso que se procede con la identificación y análisis de la calidad de los datos, lo cual es crucial para sentar las bases del modelo; de allí se reconocen los parámetros y variables del sistema para estructurar de la mejor manera el desarrollo del modelo.

En la etapa de desarrollo, se ejecutan diferentes actividades, con hitos incrementales, en donde se pone a prueba el modelo con diferentes escenarios a fin de analizar la información procesada, de tal manera que se efectúan reuniones de seguimiento en donde se evalúa si este cumple con el planteamiento de los objetivos propuestos en cada sprint, por lo que en caso de presentarse deficiencias en el desarrollo, se opta por mantener una retroalimentación para implementar las mejoras correspondientes.

Si el modelo sobre el escenario cumple con las expectativas, se da continuidad a la estructuración del proyecto sobre toda la flota. Este modelo de prueba mantiene el mismo esquema anterior de seguimiento y entregas parciales,

¹ “Metodología que integra buenas prácticas y el trabajo colaborativo de equipo y obtener mejores resultados, mediante la colaboración de un equipo altamente competitivo. En Scrum se presentan entregas parciales del proyecto, las cuales son priorizadas de acuerdo a las aportaciones que realizan al proyecto y son valoradas por los usuarios finales del proyecto”. (Ramírez et al., 2019)

en donde se debe dar alcance a todos los criterios previstos antes de su implementación definitiva, de tal manera que se verifica con los nuevos datos que ingresan al sistema que se obtienen los mejores resultados, gracias a la retroalimentación prevista.

En su fase final, se efectúa la implementación del modelo con datos de entrada que se extraen de las bases de datos del proveedor de combustible, esta data es procesada obteniendo una información de salida que debe ser analizada por el supervisor de la flota como herramienta para la toma de decisiones en la supervisión del contrato de suministro.

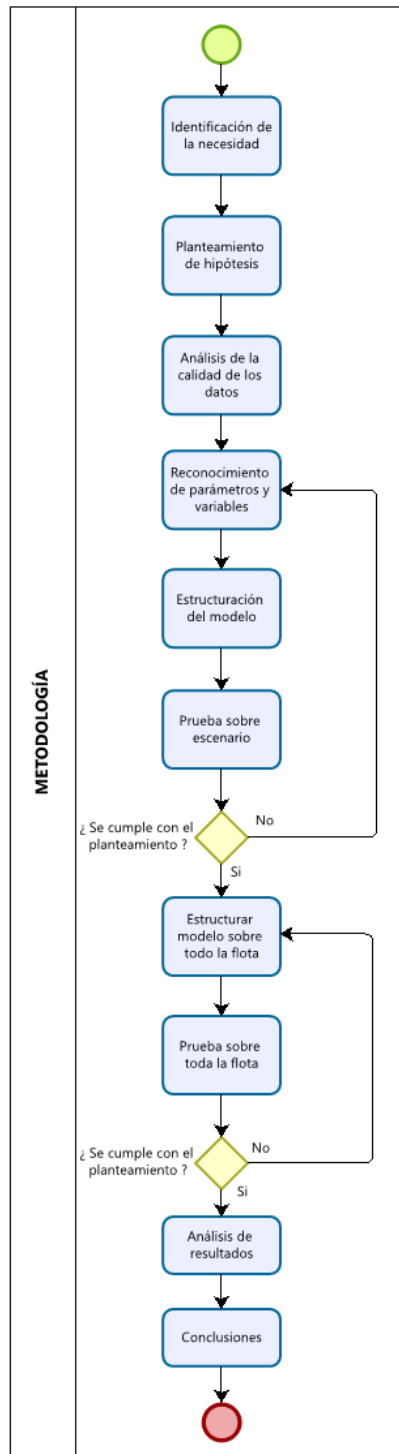


Figura 1. Metodología implementada

DETECCIÓN DE FRAUDES DE COMBUSTIBLE

La actividad de supervisión del contrato de suministro de combustible requiere aunar esfuerzos para evitar el fraude y pérdida del recurso, de allí que se genera la necesidad de implementar diferentes estrategias que garanticen el control. Las entidades públicas deben reconocer los riesgos que se generan durante el abastecimiento del carburante, los cuales se materializan con los siguientes eventos asociados a la pérdida de combustible:

- Robo del sistema de control y pago: Se materializa el riesgo en donde el sistema de control de combustible es hurtado por un tercero o por el mismo operador del vehículo para beneficio particular.
- Drenaje del combustible: Se puede presentar que el combustible adquirido con recursos de la entidad sea drenado para venderlo o utilizarlo en vehículos externos.
- Odómetro alterado: Como punto de control, la entidad solicita al operador del vehículo reportar el odómetro actual y de esta manera identificar el rendimiento del vehículo, esto con base en el recorrido generado respecto al último abastecimiento y a la cantidad de combustibles suministrado. Dentro de las malas prácticas se ha identificado la adulteración del odómetro con dispositivos conectados a la computadora o manipulación mecánica, o simplemente reportar un kilometraje errado que justifique el combustible que se pretende adquirir.
- Acuerdo con los bomberos: Se establecen acuerdos irregulares entre el operador del vehículo y el bombero, presentándose casos de facturación de combustible no real o intercambio de dinero en efectivo.

A través de un análisis de las diferentes variables que están relacionadas con el proceso de reabastecimiento de combustible, se construyó un modelo

matemático que permite establecer una creencia² del estado del tanque de combustible y de esta manera inferir³ un posible fraude con base en consumos atípicos o por fuera de parámetros de operación, como puede ser al reabastecimiento del carburante en cantidades superiores al del tope máximo del tanque.

Siendo así, se determinaron en primer lugar las variables y parámetros asociadas al sistema, centrando el análisis en el rendimiento de combustible de cada vehículo así:

- Odómetro: Es el kilometraje (*km*) actual que indica el odómetro al momento de realizar la transacción de combustible.
- Odómetro anterior: Es la lectura del odómetro que quedó registrada en el anterior suministro de combustible en kilómetros (*km*).
- Recorrido: Es la diferencia entre odómetro y odómetro anterior que da como resultado la distancia que hay entre transacciones en kilómetros (*km*).
- Litros suministrados: Es la cantidad de combustible adquirido en la Estación de Servicio para el vehículo solicitado en litros (*l*).
- Capacidad de tanque: Es la máxima cantidad de combustible que puede albergar el o los tanques del vehículo en su totalidad en litros (*l*).
- Rendimiento esperado: Es el rendimiento de combustible declarado por el fabricante o establecido mediante prueba de ruta, considerando condiciones operativas, climáticas, topográficas, mecánicas, entre otras. El rendimiento para este modelo se expresa en litros por cada 100 kilómetros:

La dinámica de consumo se asume con un comportamiento normalizado, de tal manera que se modela bajo la distribución de probabilidad Normal, cuya media se asocia al rendimiento esperado o al estado del tanque en litros de combustible,

² Probabilidad relacionada a la cantidad de combustible que hay en el tanque del vehículo.

³ Conclusión que se obtiene a partir del análisis estadístico de la dinámica de consumo.

ahora bien respecto a la varianza, el administrador de la flota debe definir este parámetro para cada una de las variables así:

- Para el rendimiento de combustible la varianza se calcula con base en los históricos que se registran por tipo de vehículo y demás variables que afectan el consumo, de tal manera que para este modelo se propone una desviación estándar idealizada de valor 1.
- Para el estado el tanque se asume que al inicio del análisis el depósito está completamente vacío y que el operador tenderá a adquirir el combustible necesario para llenarlo, por lo anterior se utilizará una varianza de arranque de valor 1 que se irá incrementando a medida que se generan nuevos consumos.

Para llevar a cabo el análisis, se utilizó la herramienta Jupyter Notebook e implementando el lenguaje de programación Python (ver Apéndice), de allí se planteó un escenario hipotético que ayudara a construir el modelo matemático a partir de los parámetros y variables asociadas a una camioneta tipo pick up, equipada con un motor de ACPM y cilindrada de 2.400 cc.

La siguiente gráfica N°1, ilustra la distribución de probabilidad del rendimiento esperado de combustible para una camioneta de las mencionadas características con una media de 13 l/100km:

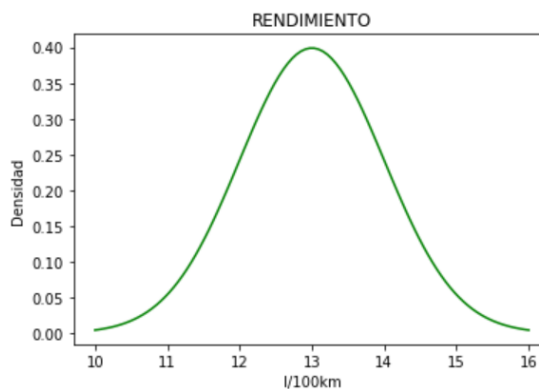


Figura 2. Gráfico de Rendimiento de Combustible

Por otra parte, tenemos la distribución de probabilidad que modela la creencia del estado del tanque de la camioneta, que para este caso se contempla un escenario en donde el tanque tiene una capacidad de 75 litros y está completamente lleno:

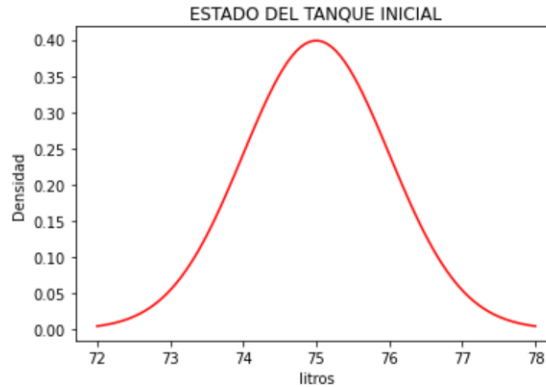


Figura 3. Gráfico de Estado del Tanque inicial

Ahora bien, se va a establecer un escenario hipotético en donde el vehículo ha recorrido 200 km desde su ultimo abastecimiento, el cual se asume fue completamente lleno y ahora va a realizar una nueva transacción de combustible, en este punto la creencia del nuevo estado del tanque se calcula en función del recorrido y a los parámetros de rendimiento esperado y a los litros suministrados en la estación de servicio, arrojando el siguiente resultado:

$$\mu_{st+1} = \mu_{st} - \mu_R * r = 75 \text{ l} - \frac{13 \text{ l}}{100 \text{ km}} * 200 \text{ km} = 49 \text{ l}$$

Donde:

μ_{st+1} = Media del nuevo estado del tanque

μ_{st} = Media del estado inicial del tanque

μ_R = Media del rendimiento de combustible

r = Recorrido entre tanques

Después de que la camioneta recorrió 200 km se espera que el vehículo tenga almacenado 49 litros de ACPM, pero este al ser una magnitud que se obtiene de manera indirecta del sistema nos genera una mayor incertidumbre sobre el estado real del tanque, por lo que al momento de modelarlo a través de la distribución de probabilidad obtenemos una nueva desviación estándar calculada así:

$$\sigma_{st+1} = \sqrt{\sigma_{st}^2 + \left(\frac{r}{100 \text{ km}} * \sigma_R\right)^2} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{200 \text{ km}}{100 \text{ km}} * 1\right)^2} = \sqrt{5} \sim 2.236$$

Donde:

σ_{st+1} = Desviación estándar del nuevo estado del tanque

σ_{st} = Desviación estándar del estado inicial del tanque

σ_R = Desviación estándar del rendimiento de combustible

r = Recorrido entre tanques

El resultado de lo anterior nos da la gráfica que está a continuación:

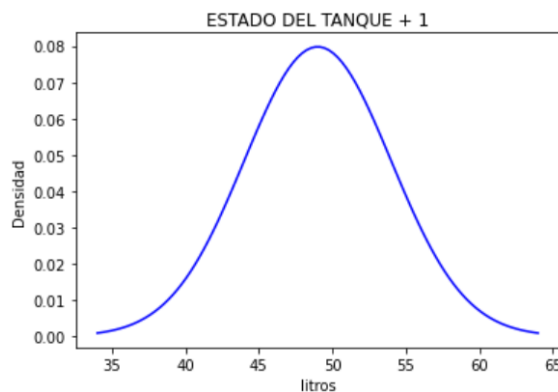


Figura 4. Gráfico de Estado de Tanque +1

Si se superponen las dos curvas que reflejan la creencia del estado del tanque, se puede apreciar que, a través de la curva roja, el estado del tanque

inicial tiene como media la capacidad máxima del depósito de combustible, por otra parte, en la curva azul, después de que el vehículo haya entrado en operación evidentemente se genera una disminución de combustible obteniendo una curva más achatada y desplazada a la izquierda como producto de una mayor incertidumbre y una media de 49 litros.

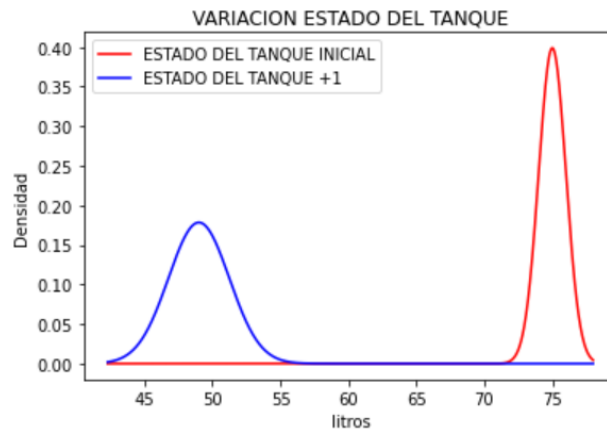


Figura 5. Gráfico de Variación de Estado del Tanque

Como se pudo observar, el desarrollo anterior solo contempla un escenario hipotético con el propósito de validar el modelo, por lo que ahora, para poder llevar a cabo el análisis de los consumos reales en un periodo de tiempo determinado, se acude a la información almacenada en la plataforma del proveedor de combustible, la cual mantiene la trazabilidad de todas las transacciones que efectúan los vehículos y de allí obtener los registros de galones suministrados y odómetro.

ODÓMETRO	GALONES
1977	15,754
2277	9,307
2558	8,6
3007	14,5
3449	16,495
3834	15,923
4225	14,016
4796	16,428
5266	16,857
5433	6,558
5945	13,646
6554	19,6
6806	9,38
7220	10,2
7727	14,97
8259	15

Tabla 2. Consumos de Combustibles

Los registros recolectados de la plataforma fueron filtrados para obtener el historial de consumo de una camioneta pick up entre los meses de febrero a marzo de 2022, como se puede apreciar a través del tiempo hay un sin número de transacciones, por lo que se diseñó una forma de visualización que permite al supervisor identificar el estado del tanque y como ha sido su comportamiento, estableciendo en el eje Y la cantidad en litros de combustible y en el eje X el recorrido actual del vehículo.

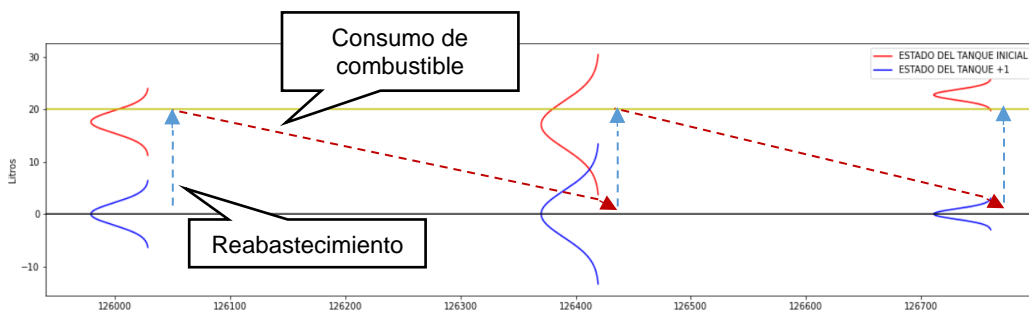


Figura 6. Gráfico de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1

Esta gráfica nos muestra la dinámica de consumo y reabastecimiento de combustible, esta vez tomando la curva de distribución de probabilidad de cada

uno de los estados del tanque, siendo la curva azul la creencia del estado del depósito después de un determinado recorrido y la curva roja, el estado del tanque después de un reabastecimiento. Este comportamiento se grafica de manera sucesiva cada vez que se cumple un ciclo de vaciado y posterior llenado, el cual se espera que el operador tienda a dejar el tanque hasta su máximo nivel.

Esta gráfica también tiene definidos dos límites de forma horizontal, los cuales están relacionados con la capacidad del tanque del vehículo, en primer lugar, el límite inferior (línea negra) referenciado al nivel 0 del tanque o completamente vacío, y en segundo lugar el límite superior (línea amarilla) indicando la capacidad máxima, que para este caso son 75 litros de ACPM. Estos límites definen el rango del comportamiento del sistema, para lo cual se espera que en una dinámica ideal de reabastecimiento nunca se supere el límite superior del sistema.

Como era de esperarse, a medida que el vehículo realiza un recorrido y efectúa un proceso de reabastecimiento, la curva de distribución de probabilidad para cada una de las creencias de estado del tanque se empieza a ensanchar producto de la incertidumbre acumulada, aun así es posible restablecer el valor de la desviación estándar de la curva a 1, al cumplirse el escenario en que el operador del vehículo adquiera combustible por una cantidad mayor o igual a la capacidad del tanque menos un litro:

$$\text{Litros adquiridos} \geq \text{Capacidad de tanque} - 1$$

Esta condición se plantea bajo el supuesto que, si el operador adquiere combustible por una cantidad igual a la capacidad del tanque, se obtiene la certeza que el depósito está completamente lleno.

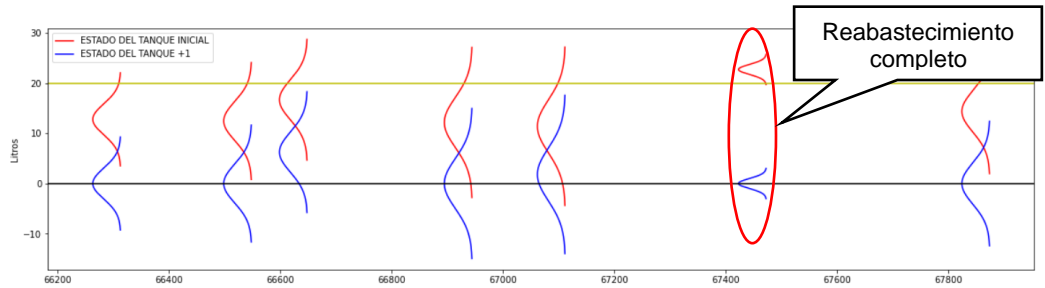


Figura 7. Gráfico de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1 con reabastecimiento completo

Es de mencionar que ahora queda a criterio del supervisor determinar si hay o no fraude en el abastecimiento de combustible, esto a través de la probabilidad acumulada que hay en el área comprendida de la cola superior de la curva de distribución de probabilidad delimitada por la línea amarilla de capacidad máxima del tanque, que lleva a concluir que el operador está adquiriendo combustible por una cantidad mayor a la permitida en el depósito.

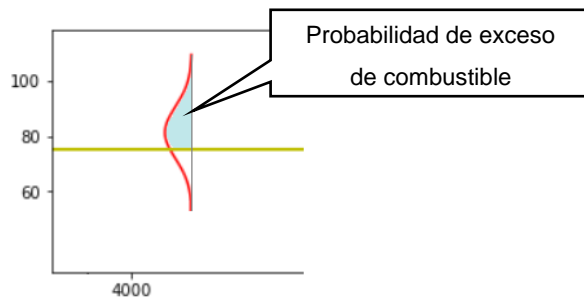


Figura 8. Gráfico de Estado del estado del tanque y su probabilidad de exceso de combustible

Finalmente se replica el modelo a todos los vehículos que pertenecen a la entidad y que son objeto del estudio, aplicando los criterios que tenga a bien el supervisor para su análisis y considerando todos los parámetros de operación.

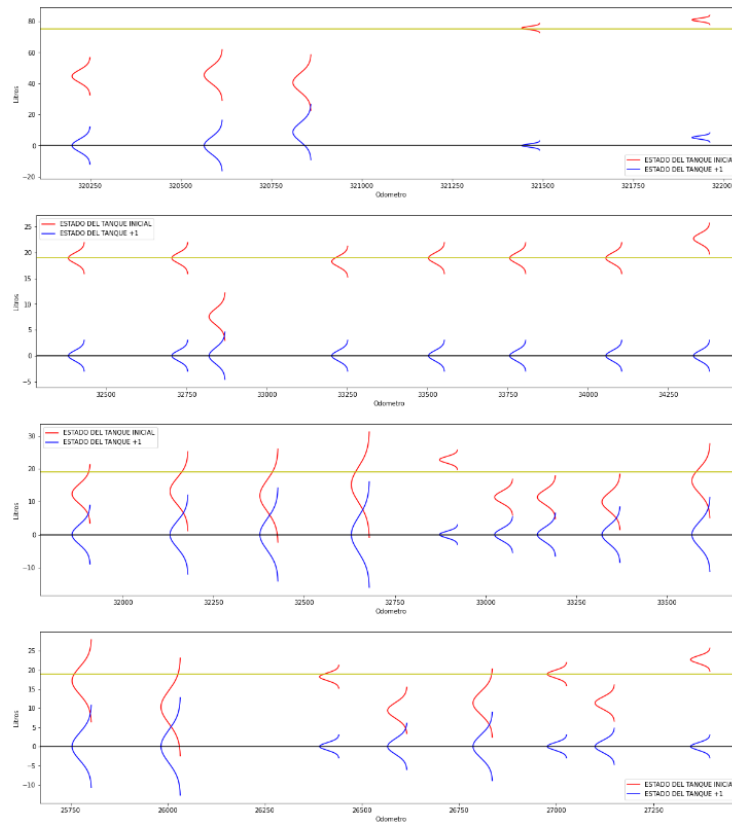


Figura 9. Gráfico consolidado de Estado del tanque inicial vs Estado del Tanque +1.

Como caso aplicado, se implementó el modelo a una flota conformada por 1.800 vehículos, entre los cuales se encuentran motocicletas, automóviles, camionetas, camiones, grúas, tracto camiones, entre otros; por lo que en este sentido se tuvo que conformar una base de datos con las placas de los vehículos relacionando las especificaciones técnicas o parámetros de operación de cada uno de ellos, como lo es la capacidad del tanque y el rendimiento de combustible, este último acogiendo las condiciones operativas, climáticas, topográficas, mecánicas, entre otras variables que impactan el consumo de los vehículos.

Unidad	Capacidad del tanque	Rendimiento Esperado
ABC001	65	10,9
ABC002	65	10,9
ABC003	65	10,9
ABC004	65	10,9
ABC005	65	10,9
ABC006	65	10,9
ABC007	77	10,9
ABC008	77	10,9
DEF09K	18	5,5
DEF10K	18	5,5
DEF11K	18	5,5
DEF12K	20	6,2
DEF13K	20	6,2
DEF14K	20	6,2
DEF15K	20	6,2
DEF16K	20	6,2
DEF17K	20	6,2
DEF18K	20	6,2

Tabla 3. Capacidad del Tanque vs Rendimiento esperado.

En la implementación se llevó a cabo un ejercicio para un periodo comprendido de dos meses entre el 1 de agosto al 30 de septiembre de 2022 en donde se procesaron 11.262 transacciones de 1.252 unidades, con un resultado que permitió identificar un total de 479 vehículos con posibles casos de fraude en el reabastecimiento, estableciendo como criterio una probabilidad acumulada con un valor igual o superior a 0.99. La información estadística obtenida después de ejecutar el modelo es la siguiente:

count	1252.000000
mean	0.625659
std	0.378218
min	0.000000
25%	0.288823
50%	0.727025
75%	1.000000
max	1.000000

Tabla 4. Información estadística del desarrollo No 1.

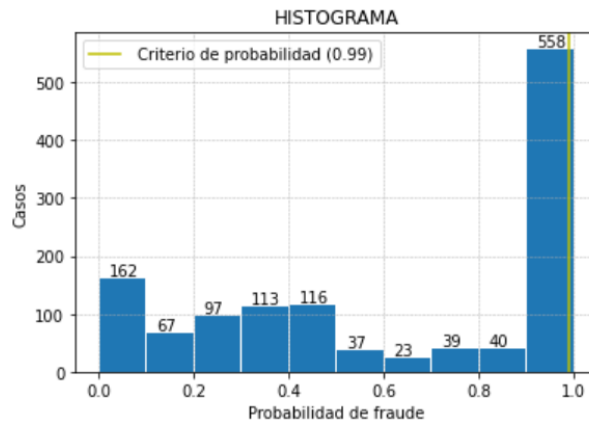


Figura 10. Histograma de la probabilidad de fraude

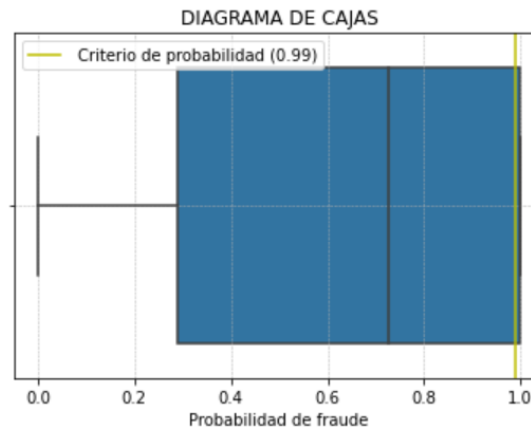


Figura 11. Diagrama de cajas de la probabilidad de fraude

El conjunto de datos del sistema nos indica de manera descriptiva una alta densidad de casos que sobrepasan el 75% de los valores de la distribución con una probabilidad de fraude cercano a 1, viéndose reflejado de igual forma en una media de 0.62 de probabilidad de exceso de combustible. De manera grafica se reafirma y se puede apreciar en el histograma y en el diagrama de cajas, una alta tendencia del conjunto de datos cuya probabilidad de fraude se encuentra entre 0.9 a 1, con una frecuencia absoluta de 558 casos y relativa del 44,5%.

Es de resaltar que se encontraron diferentes escenarios que si se analiza con detalle y se contextualiza la naturaleza del vehículo que se está estudiando, se pueden evidenciar otras variables que impiden una acertada conclusión.

El siguiente caso refleja la dinámica de consumo de una grúa cuyo chasis corresponde a un vehículo de la marca Chevrolet línea CYZ, equipado con un equipo hidráulico que permite el remolque de vehículos pesados varados sobre las vías. Sin duda este automotor al contar con un sistema aliado va a demandar más combustible para su operación, variando los parámetros que se conocen comercialmente para este tipo de chasis.



Figura 12. Gráfico modelo de Flota

Por lo anterior vemos en la Gráfica N°10 que el modelo no ilustra de manera correcta la dinámica de consumo de la grúa, toda vez que el parámetro utilizado para el análisis, respecto al rendimiento comercial de combustible se encuentra en 38l/100km, pero en la realidad se encuentra alrededor de los 47,4l/100km

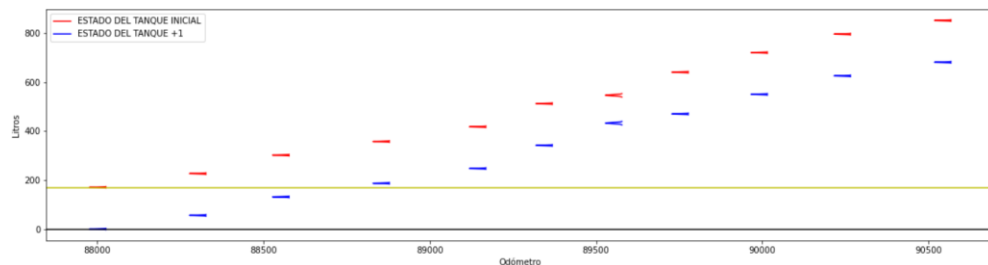


Figura 13. Gráfico de dinámica de consumo no real

Casos como este reflejan la necesidad de afinar los parámetros de consumo de los vehículos especiales con el propósito de efectuar un análisis más objetivo, ya que las adecuaciones que presentan, varían el comportamiento respecto a un vehículo comercial, lo que da a lugar a que se tengan que hacer pruebas de ruta para determinar un rendimiento de combustible más cercano a la realidad.

Por otra parte, se presentaron casos en donde la herramienta permitió identificar potenciales casos de fraude, como el de la siguiente motocicleta, cuya dinámica de consumo se visualiza en la gráfica a continuación.

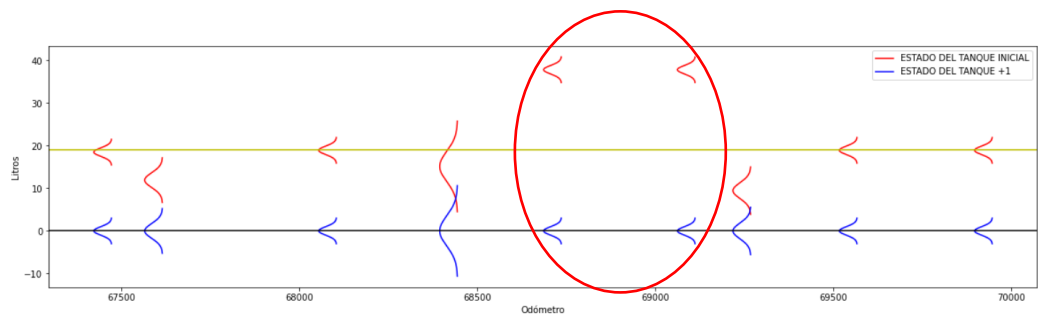


Figura 14. Gráfico Estado del tanque con potencial caso de fraude

Para este vehículo tenemos un parámetro en la capacidad del tanque de 19 litros, más sin embargo vemos que tiene dos registros con transacciones que superan el límite permitido con suministros que superan los 37 litros.

Otro caso que resalta a la vista como posible fraude es el de una motocicleta cuya dinámica de consumo se mantiene constante a medida que incrementa su recorrido, tal como se observa en la siguiente gráfica:

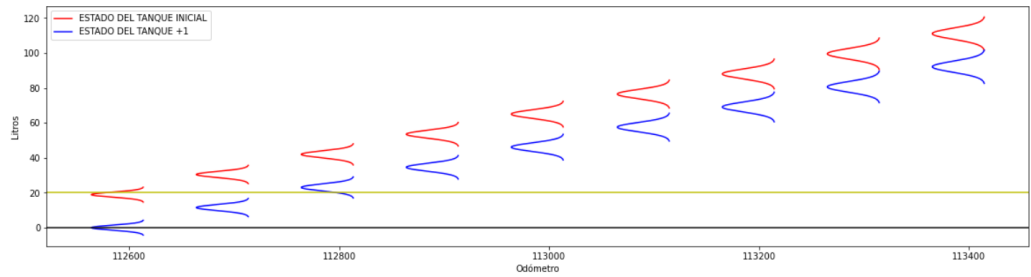


Figura 15. Gráfico de dinámica de consumo irregular

Esto se puede detallar de manera precisa en el historial de transacciones del vehículo en donde se evidencia que cada vez que se efectúa un suministro, siempre es por la misma cantidad de combustible de 18.9 litros y con el mismo recorrido entre transacciones de 100 km.

	Fecha	Unidad	Litros	Municipio	Odómetro Anterior	Odómetro	Recorrido
302	02/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	112513.0	112614.0	101.0
1570	09/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	112614.0	112714.0	100.0
1782	10/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	112714.0	112814.0	100.0
1983	11/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	112814.0	112914.0	100.0
2165	12/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	112914.0	113014.0	100.0
2562	14/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	113014.0	113115.0	101.0
2987	16/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	113115.0	113215.0	100.0
3168	17/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	113215.0	113315.0	100.0
3346	18/08/2022	ABC10C STICKER	18.925	SANTA MARTA	113315.0	113415.0	100.0

Tabla 5. Historial de transacciones del Vehículo.

Esto sin lugar a duda podría reflejar una posible acción premeditada por parte del operador ya que es un comportamiento sistemático y que por supuesto impacta el rendimiento respecto al valor de referencia que tiene esta motocicleta de 6.3 l/100km, toda vez que con la dinámica de consumo actual se está registrando un consumo promedio de 18,9 l/100km.

En estos casos el supervisor de la flota debería requerir al operador responsable del vehículo para que se den los descargos correspondientes o si es el caso identificar posibles fallos mecánicos que estén alterando el consumo normal de combustible del motor.

DETECCIÓN DE MOVIMIENTO IRREGULAR DE VEHÍCULOS

Como parte del control, la supervisión del contrato de suministro de combustible requiere invertir esfuerzos con el fin de establecer que su flota esté siendo utilizada dentro de las zonas autorizadas de operación, lo que en la práctica se vería traducida en una correcta y efectiva utilización del recurso.

Este aspecto puede que no se vea reflejado dentro de los parámetros técnicos de operación del vehículo, como puede ser el rendimiento de combustible, ya que la conducción se puede mantener de manera eficiente y sin presentarse escenarios de fraude durante una transacción, es por eso que se requiere realizar un seguimiento a los lugares en donde se está efectuando el abastecimiento toda vez que se podría registrar una pérdida de combustible por los denominados “viajes ilegales”, esto a razón de que los operadores dan a los vehículos una destinación diferente a la encomendada para su misión. Es de considerar que en algunas ocasiones el vehículo requiere ser movilizado a otras zonas que no corresponden a la definida para operación, esto por motivos en donde se requiere por ejemplo realizar un mantenimiento al automotor en una ciudad en específico o una eventual diligencia administrativa propia de la misión, lo anterior sin que se vea representado de manera significativa en el total de litros consumidos durante el mes.

Lo anteriormente expuesto refleja la necesidad de llevar a cabo un análisis detallado de los lugares en donde se está haciendo uso del recurso y para ello se

recurre a las transacciones que quedan consignadas en el historial de consumo de los vehículos.

En este punto se acudió a la construcción de un algoritmo que efectúe la validación de las ciudades en donde se está adquiriendo combustible y si efectivamente es un lugar autorizado para operar, de tal manera que haciendo uso de la herramienta Jupyter Notebook e implementando el lenguaje de programación Python se construyó un modelo que validara la información. En primera medida se planteó un escenario de una motocicleta cuya área de operación es el departamento del Meta, y los municipios autorizados para transitar son Acacias, Barranca de Upiá, Castilla la Nueva, Cubarral, Cumaral, Fuente de Oro, Granada, Guamal, Puerto Gaitán, Puerto López, Restrepo, San Martín y Villavicencio.

El análisis se llevó a cabo en un periodo de dos meses totalizando para cada municipio los litros adquiridos para la motocicleta, de tal manera que a través de un histograma se permita identificar si el lugar de abastecimiento es válido para la operación, siendo identificadas las columnas en color azul como autorizado, y por otra parte se visualiza el combustible que está siendo utilizado de forma inadecuada con las columnas en color rojo como no autorizado:

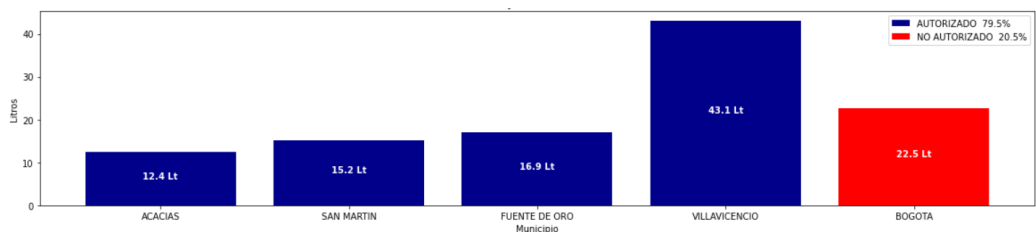


Figura 16. Gráfico Combustible Autorizados vs No autorizados por Municipio

Se puede apreciar que el vehículo abasteció en 4 municipios de las 13 autorizadas para transitar en el departamento del Meta, lo que en términos porcentuales representa que el 79.5% del combustible suministrado para esta unidad fue destinada para los objetivos misionales, no obstante, el 20.5% restante

se utilizó en la ciudad de Bogotá sin aportar de manera eficaz su operación a las necesidades de la entidad.

Como se mencionaba anteriormente, pueden existir desplazamientos que no contribuyen a los fines operacionales, pero son necesarios para la manutención del bien o por otra parte es requerido para diligencias administrativas, es por eso que el supervisor de la flota debe establecer a su criterio un porcentaje máximo de combustible que se puede abastecer en zonas no autorizadas y a partir de ahí efectuar seguimiento de los consumos registrados para cada unidad. En este caso se estableció un 30% como valor máximo permisible respecto al combustible que se abastece en lugares no autorizados.

Con la construcción del modelo y con el propósito de hacerlo posteriormente replicable a una flota de 1800 vehículos, se realizó una base de datos donde se encuentra consignado cada una de las placas de los vehículos que la conforman y por otra parte se relacionó la zona geográfica designadas para la operación así:

Unidad	Departamento
ABC001	NARIÑO
ABC002	NORTE DE SANTANDER
ABC003	ANTIOQUIA
ABC004	BOLIVAR
ABC005	ANTIOQUIA
ABC006	QUINDIO
ABC007	ANTIOQUIA
ABC008	BOGOTA
DEF09K	VALLE DEL CAUCA
DEF10K	VALLE DEL CAUCA
DEF11K	ANTIOQUIA
DEF12K	META
DEF13K	META
DEF14K	META
DEF15K	META
DEF16K	META
DEF17K	HUILA
DEF18K	HUILA

Tabla 6. Listado de placas y ubicación geográfica

Dependiendo la extensión de la operación de los vehículos y que tan específico se requiere al análisis, se acude a establecer una base de datos complementaria de las regiones que componen la zona geográfica. Para el caso de estudio, la flota mantiene una operación a nivel nacional, de tal manera que para cada departamento se relaciona un conjunto de municipios o ciudades autorizadas para el tránsito de los automotores, que para este escenario se contemplan 258 municipios distribuidos entre 30 departamentos de todo territorio colombiano.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
ANTIOQUIA	AMAGA
ANTIOQUIA	APARTADO
ANTIOQUIA	BELLO
ANTIOQUIA	CALDAS
ANTIOQUIA	CAÑASGORDAS
ANTIOQUIA	CAUCASIA
ANTIOQUIA	CHIGORODO
ANTIOQUIA	CISNEROS
ANTIOQUIA	CIUDAD BOLIVAR
ANTIOQUIA	DABEIBA
ANTIOQUIA	EL RETIRO
ANTIOQUIA	ENVIGADO
ANTIOQUIA	ITAGUI
ANTIOQUIA	LA CEJA
ANTIOQUIA	LA ESTRELLA

Tabla 7. Listado de departamentos y municipios

Ya en la implementación se realizó el análisis al mismo periodo del punto anterior, el cual comprende las transacciones procesadas entre el 1 de agosto al 30 de septiembre de 2022, con un total de 11.262 registros. Allí fue definido un porcentaje máximo permisible para abastecimiento en lugares no autorizados del 30%, de modo que el algoritmo procesó los vehículos cuyo total de litros adquiridos en ese periodo era igual o superior a ese valor, encontrado que 735 unidades cumplían esta condición, brindándole al supervisor una visualización consecutiva que le permita analizar cada uno de los casos de la siguiente manera:

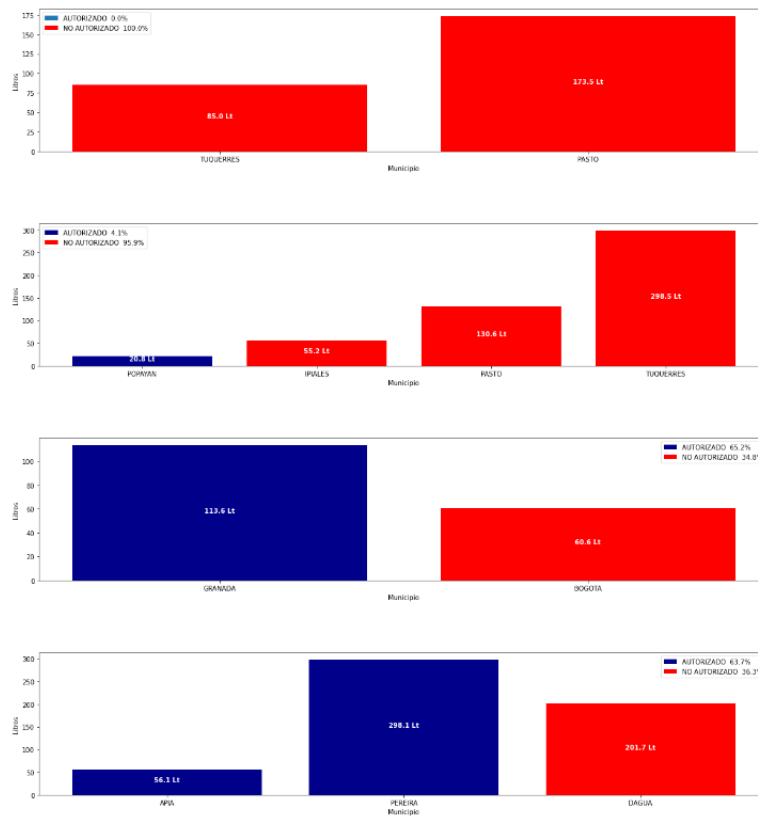


Figura 17. Gráfico consolidado de Combustible Autorizados vs No autorizados

De manera general se obtuvo de igual forma la siguiente información estadística que ayuda a interpretar los resultados obtenidos:

count	1252.000000
mean	0.543898
std	0.452693
min	0.000000
25%	0.000000
50%	0.684297
75%	1.000000
max	1.000000

Tabla 8. Información estadística del desarrollo No 2.

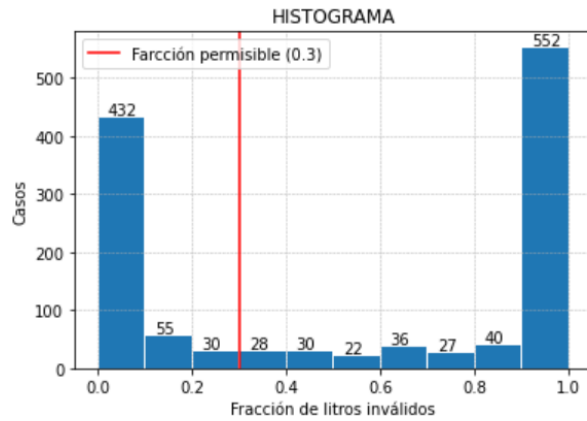


Figura 18. Histograma de la fracción de litros inválidos

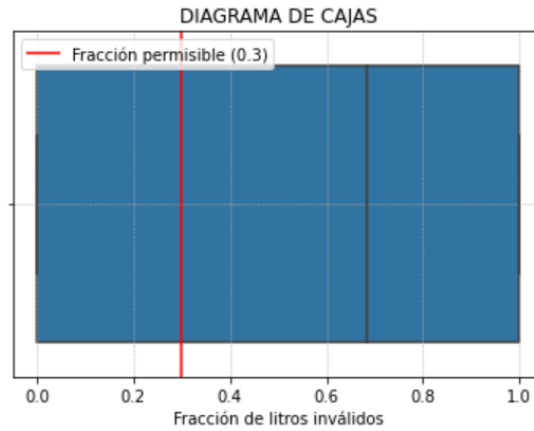


Figura 19. Diagrama de cajas de la fracción de litros inválidos

Los parámetros que nos arroja la estadística descriptiva sobre este sistema nos indican que la flota está llevando una media del 0.54 en la fracción de litros de combustible inválidos para la operación, lo que refleja una amplia diferencia con el parámetro de control del 0.3 (30%) como valor permisible para el abastecimiento en lugares no autorizados. Ahora bien, como se puede apreciar en el histograma y diagrama de cajas, el conjunto de datos presenta una alta tendencia hacia los valores mínimos y máximos, cero y uno respectivamente, en donde los casos que

se encuentran por arriba de la fracción del 0.3, tienen una probabilidad acumulada del 58.7 %

Como resultado en detalle, se evidencian escenarios en donde por ejemplo algunos vehículos pernoctan en lugares que se encuentran por fuera de la circulación autorizada y deben transitar por allí, este caso se puede apreciar para la siguiente motocicleta que opera en el departamento de Norte de Santander cuyos consumos se dieron en los municipios de Abrego, Pamplona y Ocaña, adicionalmente también se tiene registro en la ciudad de Cúcuta como no autorizado, sin embargo, en este lugar se encuentra una sede principal de la entidad y por consiguiente el vehículo muy recurrentemente queda estacionado allí:

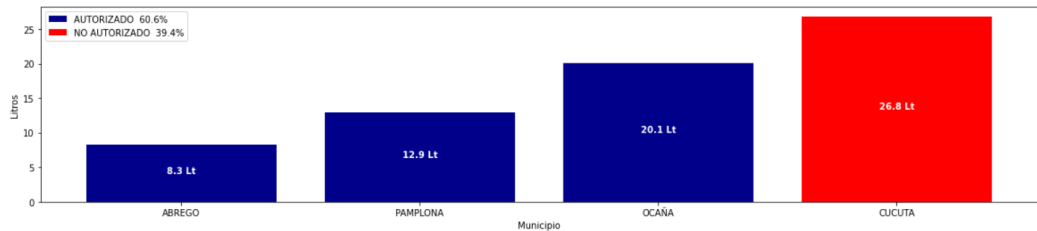


Figura 20. Gráfico de Combustible Autorizados vs No autorizados

Otro caso que resulta para análisis del supervisor es cuando un vehículo está en mantenimiento y la ubicación del taller está por fuera de la zona geográfica de operación, de tal manera que se obtuvo como resultado del ejercicio, el caso de un vehículo del cual se tiene definida su circulación en el departamento de Nariño, no obstante el automotor tuvo que ser movilizado a la ciudad de Bogotá para una reparación especializada, siendo necesaria una prueba de ruta que validara su buen funcionamiento al finalizar la intervención de mantenimiento, lo que posteriormente se vería reflejado en un suministro de combustible en esta ciudad:

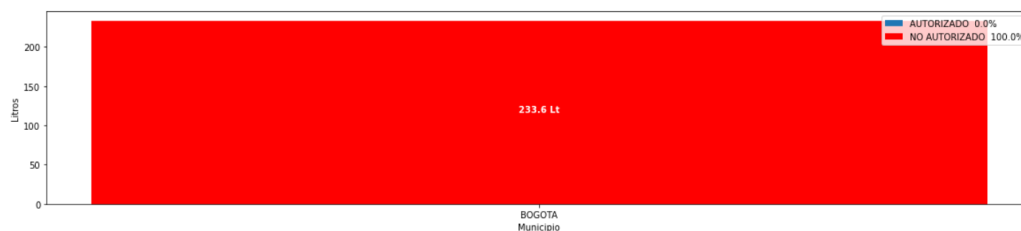


Figura 21. Gráfico de Combustible No autorizados Bogotá

Resulta llamativo durante la verificación, el caso de una grúa que es utilizada a nivel nacional y que de todos los registros de combustible solo se encuentran transacciones en ciudades no autorizadas. Es importante entender el comportamiento de la operación de la unidad, toda vez que es utilizada para trasportar vehículos a las diferentes regiones del territorio nacional y por ende debe transitar por todos los corredores viales que le permitan prestar ese servicio, que desde luego no tiene relación directa con la misionalidad, pero si aporta un apoyo transversal a las actividades propias de la entidad:

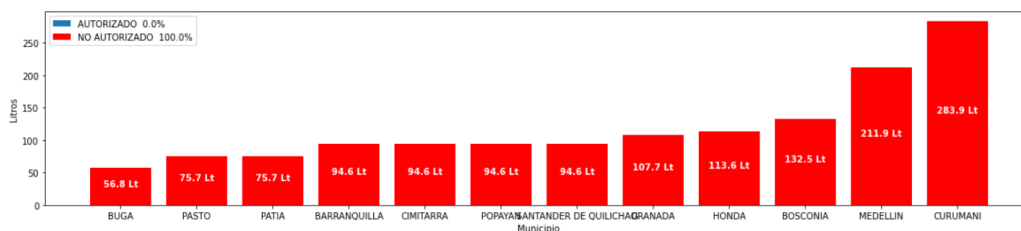


Figura 22. Gráfico de Combustible No autorizados por Municipio

Complementario a los resultados obtenidos, desde luego se presentan casos en donde se evidencia una destinación no apropiada del recurso, tal como sucede a continuación con una motocicleta destinada para prestar su servicio en el departamento del Valle del Cauca, pero tal como se puede apreciar en el histograma, el vehículo reabasteció de combustible en tres municipios del departamento de Nariño, consumos que representan el 46.2% del total de litros

adquiridos en dos meses y que no aportan de manera eficaz a la misionalidad destinada para este bien.

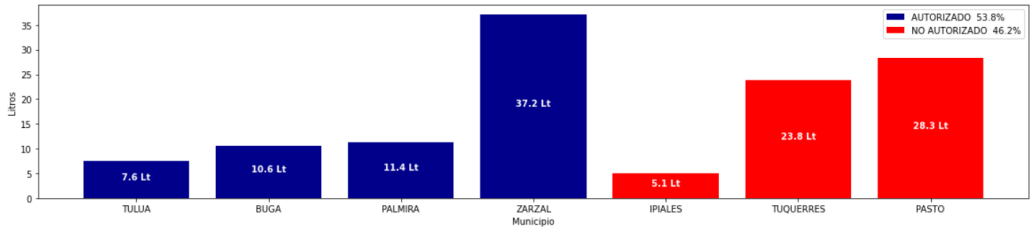


Figura 23. Gráfico de Combustible Autorizado y No autorizados por Municipio

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de este trabajo le permite al supervisor del contrato de suministro de combustible hacer uso de una herramienta que amplía su visión de cómo mantener un mejor control sobre la flota que está bajo su administración, fortaleciendo su capacidad en la identificación de posibles fraudes en el abastecimiento de combustible, pasando de la lectura plana de datos aleatorios, a una visualización gráfica que le brinda al usuario un análisis de la información a través de la cuantificación de las cantidades de combustible, entendimiento de los comportamientos en la dinámica de consumo e interpretación de las tendencias de los operadores que para algunos casos llevan a concluir posibles fraudes. Es relevante decir que el modelo desarrollado se convierte en una herramienta que le permite al supervisor establecer una estrategia para enfocar sus esfuerzos en los casos de mayor probabilidad de fraude y de esta manera tomar las medidas correctivas que haya lugar.
Debido a la gran cantidad de factores que impactan de manera directa al modelo se debe mantener una constante retroalimentación de los parámetros que definen el comportamiento del sistema y desde luego contemplando al momento del análisis el contexto de la operación del automotor.
2. Toda acción que tienda a fortalecer el control de los bienes del estado y conservar la probidad que se da del recurso público debe ser prioritario para las personas que se encuentran liderando la supervisión, por lo que en este sentido el desarrollo alcanzado a través del modelo que permite identificar la correcta destinación del combustible a través del uso los vehículos en las zonas autorizadas de operación, le brinda al administrador de la flota un enfoque de análisis para dimensionar la cantidad de carburante que efectivamente es utilizada para la misionalidad de la Entidad

para posteriormente tomar decisiones sobre la operatividad de la flota. Adicionalmente se pudo concluir que en algunos casos este modelo no evidencia con precisión la cantidad de combustible que es empleado para la debida operación, toda vez que se utiliza como referencia los municipios autorizados para circulación, más sin embargo es susceptible a errores de interpretación en los escenarios en donde los vehículos no cuentan con una estación de servicio cercana para el reabastecimiento de combustible y requieren por este motivo desplazarse a lugares que no están estipulados para transitar.

RECOMENDACIONES

1. El modelo que determina la probabilidad de fraude en el consumo de combustible requiere de una constante retroalimentación, debido a que existen diferentes factores que pueden inducir a una incorrecta interpretación de la información, sea por ejemplo el caso del parámetro de rendimiento de combustible o capacidad del tanque, ya que para algunos vehículos, la autonomía declarada comercialmente no refleja la realidad del automotor, por lo que para este escenario la recomendación sería realizar pruebas de ruta que permitan establecer un rendimiento y una capacidad de tanque más objetivo, contemplando condiciones mecánicas u operativas, como muestra de ello está la operación de la grúas a las cuales su equipo aliado incrementa su consumo y pueden tener tanques de combustible instalados por fuera de fábrica; por otra parte se pueden considerar también condiciones geográficas de unidades que transitan sobre corredores viales en condiciones de montaña que exigen mucho más la mecánica, entre otros aspectos.
2. Para llevar el modelo a una comprensión más cercana a la realidad, se recomienda incorporar a la base de datos de vehículos un atributo con la desviación estándar del rendimiento de combustible con base en los históricos de cada unidad, de esta manera para cuando se proceda a realizar el calculo de la desviación estándar del estado del tanque, no se haga sobre parámetros idealizados.
3. Como acción de mejora, la distribución de probabilidad del estado del tanque se debe establecer normal truncada en cero, toda vez que el depósito de combustible tiene un rango físico con un límite inferior igual cero, dando como resultado una probabilidad inexistente de estar por debajo de este limite y de esta manera no subestimar las probabilidades de la curva superior.

4. El administrador de la flota debe efectuar una parametrización en la plataforma del proveedor de combustible o intermediario de pago, con el propósito de estandarizar para cada vehículo la capacidad del tanque y de esta manera limitar al máximo la cantidad de combustible que se puede suministrar por transacción.
5. Se debe evaluar la cobertura de estaciones de servicio que tiene el proveedor de combustible, a fin de conocer cuáles son los municipios que están autorizados para la operación y que tienen al menos una estación de servicio que garantice el reabastecimiento en la misma zona de circulación. La implementación de nuevas tecnologías a nivel de hardware potencializaría el análisis y correcta interpretación de los datos para incorporarlas como fuente información al modelo y de esta manera escalar su alcance. Se recomienda para futuros desarrollos incorporar un sistema de posicionamiento global (GPS), ya que la plataforma del proveedor de combustible almacena en la base de datos el odómetro de forma manual, esto a través de una digitación que hace el bombero de la EDS, lo cual es susceptible de errores humanos al momento de la lectura del kilometraje o millaje del vehículo, o con posibilidad también en que el operador indique un valor errado con el propósito de realizar una acción fraudulenta. Esta tecnología permitiría de igual forma llevar a cabo un mayor control sobre la operación de los vehículos en las zonas autorizadas de operación, toda vez que el seguimiento por georreferenciación indica de manera precisa las rutas por las que circula la unidad, lo que se vería reflejado en un cálculo más cercano a la realidad del combustible que está siendo destinado para la misionalidad de la entidad.
6. El modelo necesita de la aplicación de segmentación de datos que permita efectuar la agrupación de la información por tipo de vehículo, zona de operación, línea y modelo, entre otras características, y de esta manera poder establecer comparativos que amplíen el análisis y sirvan de ayuda para la identificación de tendencias u otros comportamientos atípicos.

REFERENCIAS

- Abreu, E. (2022, August 2). BUSINESS INTELLIGENCE – TalentWork.
<https://talentwork.org/2022/08/02/business-intelligence/>
- Álvarez Patiño, L. A. (2020). La potestad normativa de la Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente en el sistema de fuentes de derecho en la contratación estatal. *Revista de La Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*, 50(132), 50–79.
<https://doi.org/10.18566/rfdcp.v50n132.a03>
- Aquize, V., & Santos Filho, M. (2018). Business Intelligence for the detection of anomalies in records of fueling. *Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada*, 3(3). <https://doi.org/10.25286/rep.v3i3.925>
- de la Puente, L. A. B., & Gutiérrez Ibáñez, F. (2020). Influencia de los instrumentos jurídicos de la Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente. *Revista de La Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*, 50(133), 340–355. <https://doi.org/10.18566/rfdcp.v50n133.a05>
- Calderón, J. L. G., Rozo, J. J. P., & Sandoval, J. A. P. (2017). La Inteligencia De Negocios Y Su Rol en La Agilidad Organizacional. *Revista Criterio Libre*, 15(26), 240–258
- Dalcín, L., Storti M., Paz, R. (2004). Desarrollo de Aplicaciones paralelas en Python. Centro Internacional de Métodos Computaciones en Ingeniería. CONCET-INTEC-U.N.L.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). Modelo de Explotación de Datos para las Entidades Públicas.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Digital/Documentos/Modelo%20Explotacion%20de%20datos/0%20Modelo%20de%20implementacion%20de%20explotacion%20de%20datos.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data).

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf>

Niebel, W., Ebdndt, R., & Kuhns, G. (2014). Telematics for the Analysis of Vehicle Fleet Fuel Consumption. In *Telematics-Support for Transport: 14th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2014, Katowice/Kraków/Ustroń, Poland, October 22-25, 2014. Selected Papers 14* (pp. 461-468). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45317-9_49

Nolasco, J. (2018). *Python Aplicaciones prácticas*. Editorial Ra-Ma.

Pérez Marqués, M. (2015). *Business intelligence : técnicas, herramientas y aplicaciones*. <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/433/416>

Prieto Morales, R., Meneses Villegas, C., & Vega Zepeda, V. (2015). Análisis comparativo de modelos de madurez en inteligencia de negocio. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(3), 361–371.

Ramírez, M. R., Soto, M. D. C. S., Moreno, H. B. R., Rojas, E. M., Millán, N. D. C. O., & Cisneros, R. F. R. (2019). Metodología SCRUM y desarrollo de Repositorio Digital. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação*, (E17), 1062-1072

Vázquez Galán, J. (2016). *Plataforma business intelligence para el seguimiento de flotas*. <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/45608/18/jvazquezgTFG0116memoria.pdf>

¿Qué es business intelligence o Inteligencia de Negocios? (no date)

Tableau. <https://www.tableau.com/es-es/learn/articles/business-intelligence>

APÉNDICE

PYTHON

Se define como un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía es que sea legible por cualquier persona con conocimientos básicos de programación (Visus, 2020).

Su origen se remonta a finales de los años 80 y principios de los 90. Fue creado por el neerlandés Guido Van Rossum en el año 1989, quien trabajaba en el centro de investigación CWI (Centrum Wiskunde & Informatica) de Ámsterdam, surge la motivación para crear Python (Visus, 2020).

Desde su primera publicación en el año 1991 a la fecha se han liberado tres versiones con sus respectivas actualizaciones y en la actualidad su desarrollo y promoción se debe a la organización sin ánimo de lucro *Python Software Foundation*, la cual se encarga de la gestión de la propiedad intelectual del código (Fernández, A., 2012).

Como principales características de Python está en que es interpretado, es decir no es necesario compilar el código, toda vez que a través de un intérprete se lee el código fuente para ejecutarlo; también es tipado dinámico permitiendo que una variable cambie su tipo, orientado a objetos, cuya estructura se basa en el uso de una sintaxis que favorezca la legibilidad y transparencia del código, es multiplataforma corriendo en sistemas operativos como Windows, Mac OS X y Linux. Al ser un lenguaje interpretado requiere ser ejecutado a través de un programa denominado intérprete, lo que le permite ser flexible y portable, por otra parte, el valor de sus variables se determina en el tiempo de ejecución y su asignación puede cambiar dependiendo el tipo (Nolasco, J., 2018).

Python se encuentra entre los lenguajes de programación más utilizados, compartiendo su popularidad con lenguajes como Java, Javascript, PHP, C#, C/C++, R, entre otras; permitiéndole con gran versatilidad a los usuarios generar

desarrollos web, para comunicaciones de red, para aplicaciones de escritorio con interfaz gráfica de usuario (GUI), para crear juegos, para smartphones, e implementar aplicaciones en Data Ciencia y Machine Learning (Fernández, A., 2012)

A nivel empresarial, grandes compañías hacen uso de este lenguaje como lo son Industrial Light & Magic, Walt Disney, Lucasfilm, la NASA, Google, Yahoo!, para el desarrollo de productos y servicios, esto sin importar su enfoque comercial, como muestra de ello Google ha utilizado Python para el desarrollo de los algoritmos de búsqueda y por otra parte Lucasfilm lo usa como plataforma de guiones de sus películas (Fernández, A., 2012).

Dentro de la comunidad científica podemos mencionar entre muchos al *Space Telescope Science Institute*, quienes dan aplicación de Python para el procesamiento de imágenes del telescopio espacial Hubble a través del módulo *numarray*, por otra parte tenemos a *AlphaGene*, en donde se implementa un núcleo basado en Python como sistema bioinformático para el descubrimiento de genes y proteínas, de igual manera la división de física del *LANL* (Los Alamos National Laboratory) desarrollo un código paralelo de dinámica molecular para conducir simulaciones a través de Python (Dalcin et al., 2004).