



El futuro  
es de todos

Minenergía



<https://www.dinero.com/pais/articulo/precios-de-la-gasolina-y-el-diesel/275553>

# DETERMINACIÓN EFICIENTE DE LOS VOLÚMENES MÁXIMOS DE COMBUSTIBLE CON BENEFICIOS TRIBUTARIOS A DISTRIBUIR EN LAS EDS DE LOS MUNICIPIOS DE ZONAS DE FRONTERA

Producto 4

Propuesta de distribución del volumen máximo municipal entre las  
estaciones de servicio

ABRIL 30, 2021

**Estudio técnico-económico, que incluya el modelamiento matemático e informático para la determinación eficiente de los volúmenes máximos de combustible con beneficios tributarios a distribuir en las Estaciones de Servicio de los municipios de zonas de Frontera**

**Producto 4**

Propuesta de distribución del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio

**Ministerio de Minas y Energía (MME)**

Luisa Fernanda García V.  
Camilo Murcia  
Nashla Nayeli González  
Carlos Javier Leguízamo Jurado

**Econometría S.A**

Fabio Durán Castro	Director del Proyecto
Luis Carlos Romero	Experto en Ingeniería
Camilo Quintero	Experto Financiero
Jorge Pinto	Experto Economista
Luis Alfonso Rojas	Asesor Legal
Juan Manuel García Díaz	Profesional 1
Oscar Rodríguez	Profesional 2
Nicolás Rodríguez	Profesional de apoyo

## PRODUCTO 4

# PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL ENTRE LAS ESTACIONES DE SERVICIO

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 .....	5
PROPUESTA DE ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MUNICIPAL .....	5
1.1 Consideraciones para la asignación.....	5
1.1.1 Estimación con información de 2019 .....	7
1.1.2 Estimación por combustibles .....	8
1.1.3 Estimación con información de no frontera .....	9
1.1.4 No inclusión de cultivos ilícitos ni minería ilegal.....	10
1.1.5 Definición de bandas de confianza.....	10
1.1.6 Estimaciones para diferentes tamaños municipales.....	10
1.1.7 Ponderación del parque automotor.....	11
1.2 Modelos econométricos .....	12
1.2.1 Gasolina corriente.....	12
1.2.2 ACPM.....	17
1.3 Bandas para asignación del volumen máximo municipal.....	20
1.4 Resultados de la asignación .....	21
1.4.1 Definición de los volúmenes a asignar .....	21
1.4.2 Resultados para gasolina corriente.....	22
1.4.3 Resultados para ACPM .....	23
1.5 Actualización del volumen máximo municipal.....	24
CAPÍTULO 2 .....	25
PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL ENTRE LAS ESTACIONES DE SERVICIO	25
2.1 Base volumétrica para la asignación entre las EDS .....	25
2.1.1 Volumen base por compras .....	26
2.1.2 Volumen base por almacenamiento.....	27
2.2 Ingreso de estaciones nuevas .....	30
2.3 Límite superior de la asignación a una EDS .....	30

2.4	Ajuste periódico a la asignación del volumen municipal a las EDS .....	32
	BIBLIOGRAFÍA .....	33
	ANEXO 1 - BASES DE DATOS, PROCESADA Y CONSOLIDADAS DE DIÉSEL Y GASOLINA CORRIENTE .....	34
	ANEXO 2 - PROGRAMAS (DO-FILES) DE MODELOS DE DIÉSEL Y GASOLINA CORRIENTE .....	39
	ANEXO 3 – VOLÚMENES MÁXIMOS ASIGNADOS POR MUNICIPIO .....	40
	ANEXO 4 – PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE VALIDEZ DE LOS MODELOS DESARROLLADOS .....	41
	ANEXO 5 – SOFTWARE PARA LA ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL ENTRE LAS ESTACIONES DE SERVICIO .....	49
	ANEXO 6 – MANUAL DEL USUARIO .....	59
	ANEXO 7 – MANUAL DEL SISTEMA .....	70
	ANEXO 8 – PERIODO DE TIEMPO DE LAS COMPRAS DE COMBUSTIBLE PARA DETERMINAR LA BASE VOLUMÉTRICA PARA LA DISTRIBUCIÓN ENTRE EDS.....	85
	ANEXO 9 - DÍAS PROMEDIO DE ALMACENAMIENTO OPERATIVO POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN PARA FIJAR LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE ALMACENAMIENTO.....	89
	ANEXO 10 - DISTRIBUCIONES DE LAS COMPRAS DE COMBUSTIBLE DE LAS EDS, TOTAL Y POR REGIONES, PARA LA DETERMINACIÓN DE LÍMITES SUPERIORES. ....	93

## ACRÓNIMOS

---

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
EDS	Estación de Servicio
MinEnergía	Ministerio de Minas y Energía
ODC	Observatorio de Drogas de Colombia
ONDCP	Oficina de Política Nacional para el Control de Drogas de la Casa Blanca
RUNT	Registro Único Nacional de Tránsito
SICOM	Sistema de información de combustibles
SIMCI	Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito

## INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el informe del **producto 4** del *Estudio técnico-económico, que incluya el modelamiento matemático e informático para la determinación eficiente de los volúmenes máximos de combustible con beneficios tributarios a distribuir en las Estaciones de Servicio de los municipios de zonas de frontera*, que lleva a cabo la firma Econometría S. A. para el Ministerio de Minas y Energía (MinEnergía), mediante Contrato GGC 587 de 2020.

El estudio de consultoría se compone de los siguientes productos de acuerdo con los términos de referencia:

### **Producto 1:**

**Parte 1.** *Documento que desarrolla el ejercicio de análisis de la normatividad vigente referente a la asignación de volúmenes máximos en zona de frontera y a los lineamientos bajo los que se rigen los agentes de la cadena de distribución en esta.*

**Parte 2.** *Revisión del análisis realizado en el contrato GGC 410 del 2018 por la empresa Econometría Consultores S.A. El objeto de este contrato fue: “Contratar los servicios de una consultoría para estudiar la dinámica de distribución de combustibles y la asignación de volúmenes en los municipios de zonas de frontera a nivel de municipios y estaciones de servicio, a fin de evaluar la política pública de distribución de combustibles y contar con una propuesta de redefinición de los municipios considerados como zonas de frontera.”*

### **Producto 2:**

**Parte 1.** *Documento que contenga el estudio del comportamiento de consumo de combustibles en los municipios considerados como zonas de frontera a nivel nacional.*

*a) Análisis de la demanda real de combustibles (a nivel municipal) y de estación de servicio, incorporando el cambio de la demanda generado por la pandemia del Covid-19 y las consecuencias de esta en el comportamiento normal de la economía, y, por lo tanto, en los hábitos de consumo de los individuos.*

*b) Estimación de los consumos agregados y por tipo de combustible, asociados a actividades ilícitas en las zonas de frontera.*

**Parte 2.** *Análisis y caracterización de los 171 municipios actualmente conforman la zona de frontera de acuerdo con lo establecido por el artículo 2.2.1.1.2.2.5.1 del Decreto 1073 del 2015, el artículo 1 del Decreto 3459 del 2004 y el artículo 1 del Decreto 1253 del 1010, que incorporen los siguientes campos:*

*a) Actividades económicas del municipio.*

- b) Parque automotor del municipio.*
- c) Análisis de la población – censo o información propia de las alcaldías.*
- d) Análisis espacial de ubicación de las EDS en cada municipio (rural y urbano).*
- e) Análisis de las Vías nacionales o actividades económicas.*
- f) Análisis de grandes industrias asentadas en el municipio.*
- g) Análisis de actividades ilícitas (como narcotráfico, extracción ilícita y minería ilegal) en los municipios objeto de esta política, que requieren el uso de combustibles líquidos para su funcionamiento.*

### **Producto 3:**

*Documento que exponga una propuesta metodológica para la estimación de volúmenes máximos a asignar en zona de frontera incorporando las actividades de extracción ilícita, narcotráfico entre otras problemáticas.*

*El documento deberá contener como mínimo:*

- a) De acuerdo con los resultados de los Productos 1 y 2, incorporar variables actualizadas y relevantes para la propuesta metodológica. Variables como el volumen y tipo del parque automotor, tipo de infraestructura de las estaciones de servicio, rotación de inventarios-productos, comportamiento de ventas mensuales (curva de consumo diario), análisis espacial y geográfico, variables socio económicas – demográficas y demás variables que sean fundamentales para complementar el análisis. En particular, la información utilizada para la formulación de la metodología deberá provenir de fuentes gubernamentales, entidades oficiales u organizaciones internacionales de derecho público, de tal manera que dicha información responda a criterios técnicos y cuente con confiabilidad estadística.*
- b) La propuesta metodológica debe tener presente el análisis de actividades ilícitas, no limitadas únicamente a las siguientes: cultivos ilícitos, extracción ilegal de minerales, contrabando, etc. Es fundamental que este aspecto sea incorporado dentro de la metodología de asignación, de tal forma que se incentive y fomente la legalidad en las actividades de distribución de combustibles y actividades económicas conexas.*
- c) La propuesta metodológica deberá tener en cuenta la proliferación-expansión del número de estaciones de servicio y determinar, con criterios objetivos, si en realidad éstas son necesarias para el abastecimiento del municipio de interés, y presentar propuestas aplicables para el control-limitación de este aspecto. (Definir cuál es la metodología, criterios y rangos, y cuál es el número ideal de estaciones de servicio para cada municipio de zona de frontera). Debe, además, las relaciones económicas con las zonas cercanas que no son definidas como zonas de frontera.*
- d) La metodología propuesta debe velar por los principios de sostenibilidad fiscal y eficiencia presupuestal, permitiendo e incentivando el desarrollo y crecimiento económico de los municipios. Deberá permitir la optimización y focalización de la asignación de los volúmenes a la población local. Deben considerarse, para la formulación del*

*modelo y la propuesta, los criterios y lineamientos de política pública que determine la Dirección de Hidrocarburos, en función de su experticia sobre la distribución de combustibles en el país.*

*e) Memorias de cálculo del modelo matemático-econométrico realizado, con la formulación matemática explícita, con pruebas de bondad de ajuste, significancia estadística y/o demás resultados o tests relevantes para la naturaleza del modelo preliminar desarrollado.*

#### **Producto 4:**

*El último entregable debe contener la propuesta de redistribución del volumen a asignar en zona de frontera entre estaciones de servicio mediante la aplicación de una solución-herramienta informática (software) con su respectivo manual.*

El producto deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *La implementación de la propuesta debe poder ser ejecutable de una manera sencilla y práctica, y contar con una interfaz de usuario sencilla y clara. El manual debe ser lo suficientemente claro para que cualquier funcionario del ministerio asignado a la tarea pueda ejecutarla correctamente. Deberá entregarse en un lenguaje de programación de distribución libre, es decir en lenguajes del tipo R, Python o Java. El código fuente de la solución, deberá ser entregado y cedido al MME, para su uso.*
- *Propuesta de cálculo del volumen máximo asignado a nivel de estación de servicio de tal forma que se incorpore la diferencia existente entre estaciones de servicio nuevas y las estaciones de servicio que ya cuentan con una trayectoria e historia. Esto con el fin de lograr una asignación equilibrada y justa entre los agentes.*
- *Propuesta de un factor de actualización, bien sea a las variables insumo o al volumen máximo asignado a nivel municipal.*
- *Memorias de cálculo del modelo matemático-econométrico realizado, con la formulación matemática explícita, con pruebas de bondad de ajuste, significancia estadística y/o demás resultados o test relevantes para la naturaleza del modelo final desarrollado.*
- *Aplicación o implementación de la solución-herramienta tecnológica entregada/cedida al MME, así como el código fuente de la misma con la herramienta tecnológica que permita la estimación econométrica de los volúmenes máximos en zona de frontera. Se debe adjuntar manual de usuario funcional y técnico.*

➤ Enfoque y orden de presentación de este informe

El objetivo de este documento es presentar la propuesta de Econometría S. A. de asignación de volúmenes máximos municipales, capítulo 1, y de distribución de esos volúmenes entre las EDS de cada municipio, capítulo 2. Se incluye además el software desarrollado para realizar los procedimientos que se describen en este último capítulo, con sus manuales.

Como anexos del capítulo 1 el informe incluye:



Anexo 1 - Bases de datos, procesada y consolidadas de diésel y gasolina corriente

Anexo 2 - Programas (*do-files*) de modelos de diésel y gasolina corriente

Anexo 3 - Volúmenes máximos asignados por municipio

Anexo 4 - Pruebas estadísticas de validez de los modelos desarrollados

Y los anexos correspondientes al capítulo 2 son:

Anexo 5 - Software para la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio

Anexo 6 - Manual del usuario

Anexo 7 - Manual del sistema

Anexo 8 – Periodo de tiempo de las compras de combustible para determinar la base volumétrica para la distribución entre las EDS

Anexo 9 - Días promedio de almacenamiento operativo por departamento y región para fijar la capacidad óptima de almacenamiento

Anexo 10 - Distribuciones de las compras de combustible de las EDS, total y por regiones, para la determinación de límites superiores

## Capítulo 1

### PROPUESTA DE ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MUNICIPAL

El presente capítulo presenta la propuesta de asignación de volúmenes máximos por municipio. Para ello, inicialmente se plantea el modelo general a estimar y se hacen algunas precisiones sobre la información a utilizar para dicha estimación (numeral 1.1). Con base en esto, en el numeral 1.2, se presentan los resultados de las estimaciones econométricas realizadas para identificar los determinantes de la demanda y los coeficientes que permiten determinar la necesidad de combustibles por municipio. En el numeral 1.3, con base en el nivel de confianza de los modelos estimados, se propone la construcción de intervalos de confianza (bandas) para ser utilizadas como referencia en la asignación; el uso de esas bandas se explica en el numeral 1.4 al momento de explicar la metodología de asignación, en ese numeral también se presentan los resultados de la asignación, consolidados por departamento a partir de los resultados por municipio que se incluyen como Anexo 4 de este documento. Finalmente, en el numeral 1.5 se hace una discusión sobre la forma de actualización de los volúmenes máximos municipales.

En el Anexo 1 de este documento se presenta las variables utilizadas para las estimaciones de los modelos y sus fuentes de datos, y en él se incluyen las bases de datos requeridas para la modelación; el Anexo 2 corresponde al programa (*do file*) en Stata con que se realizaron las modelaciones; el Anexo 3 presenta los resultados de las estimaciones de las necesidades de combustibles por municipio; y en el Anexo 4 se presentan las pruebas estadísticas de validez de los modelos desarrollados.

#### 1.1 CONSIDERACIONES PARA LA ASIGNACIÓN

La forma funcional para la estimación de la necesidad o consumo de combustibles de un municipio fue desarrollada en el informe anterior de esta consultoría y se sintetiza en la siguiente ecuación:

$$C_{c,j} = \beta_{0,c} + \sum_{i=1}^n \beta_{i,c} * X_{i,j} + \varepsilon \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$C_{c,j}$  Es el consumo del combustible c en el municipio j.

- $\beta_0$  Es la constante de estimación.
- $X_{i,j}$  Es cada una de las variables explicativas del consumo, por actividad económica  $i$ , en el municipio  $j$ . Variables que pueden corresponder al número de máquinas utilizadas, a la cantidad de unidades de producción, a los volúmenes de bienes producidos o a su valor.
- $\beta_i$  Son los coeficientes de estimación que corresponden con la demanda unitaria del combustible  $c$  para cada actividad económica  $i$ , expresados en las unidades con que se mide cada actividad.
- $\epsilon$  Es el error de estimación, cuya media es cero.

Como se puede ver en el numeral 1.2 , las variables utilizadas para la modelación del consumo, según actividad económica, fueron:

- a. Para la actividad de transporte:
  - a. El parque automotor por tipo de vehículo de las personas residentes en el municipio. Esta información se obtuvo del RUNT a 2020.
  - b. La cantidad de carga que se origina en el municipio medida en toneladas o galones, según el tipo de producto transportado, la cual se obtuvo del Ministerio de Transporte, con fecha 2018.
  - c. El movimiento de transporte de carga o pasajeros que pasa por el municipio, pero que en su mayoría no se origina ni tiene como destino a él. Esta variable se asimiló al indicador de Tránsito Promedio Diario que el Ministerio de Transporte y cuya información pública más reciente hace referencia a 2017.
- b. Para las actividades extractivas realizadas en el municipio:
  - a. la presencia de actividades agrícolas específicas, que se miden como las áreas sembradas de los principales productos agrícolas en cada municipio. Información que se tomó del sistema Agronet con fecha 2019;
  - b. la producción minera legal por tipo de mineral, registrada en el sistema SIMCO; y

- c. el valor agregado del sector primario<sup>1</sup> a 2019. Monto este que es publicado por el DANE.
- c. Como variables de las actividades de transformación y para la prestación de servicios se utilizaron el valor agregado de los sectores secundario<sup>2</sup> y terciario<sup>3</sup>, respectivamente.
- d. Adicionalmente, se analizó también la incidencia que tienen sobre el consumo de combustibles la presencia de actividades ilícitas, en la necesidad de combustibles, específicamente la potencial producción de pasta de cocaína (MinJusticia, 2018) y la existencia de áreas de explotación ilegal de oro de aluvión (MinJusticia, 2019).

Previo a la estimación de este modelo es importante hacer algunas consideraciones que se desarrollan a continuación.

#### 1.1.1 Estimación con información de 2019

En 2020 la pandemia del COVID-19 afectó la actividad económica a nivel mundial. La economía de Colombia tuvo una contracción de 6,8%, explicada por las medidas que debió tomar el Gobierno Nacional para el control de esta enfermedad. Algunas de esas medidas redujeron los desplazamientos de las personas, como por ejemplo las relacionadas con la migración a modelos de educación virtual, el incremento del trabajo remoto (en casa), o las restricciones de horarios para la circulación de vehículos o personas.

La menor circulación de personas, así como la menor actividad productiva, claramente tuvieron un impacto en la demanda de combustibles nacional y de las zonas de frontera. Tal como se puede apreciar en la Figura 1.1.

Por otra parte, expertos estiman que la economía nacional crecerá en este año 4,9% y que en 2022 lo hará en 4,0%<sup>4</sup>. Así, para finales del próximo año, la economía nacional apenas habría crecido en 1,7% frente a lo registrado para 2019. En este orden de ideas, y dado que las asignaciones de combustibles se estiman para un periodo de recuperación económica del país, se considera que lo más adecuado es calibrar los modelos econométricos con la información del

---

<sup>1</sup> El sector primario se refiere a las actividades económicas asociadas a la producción o extracción de bienes que se consumen directamente como alimentos o que se utilizan como materias primas o insumo para la producción de otros bienes, dentro del sector primario se encuentra además de la agricultura y la minería, las actividades de ganadería y la pesca.

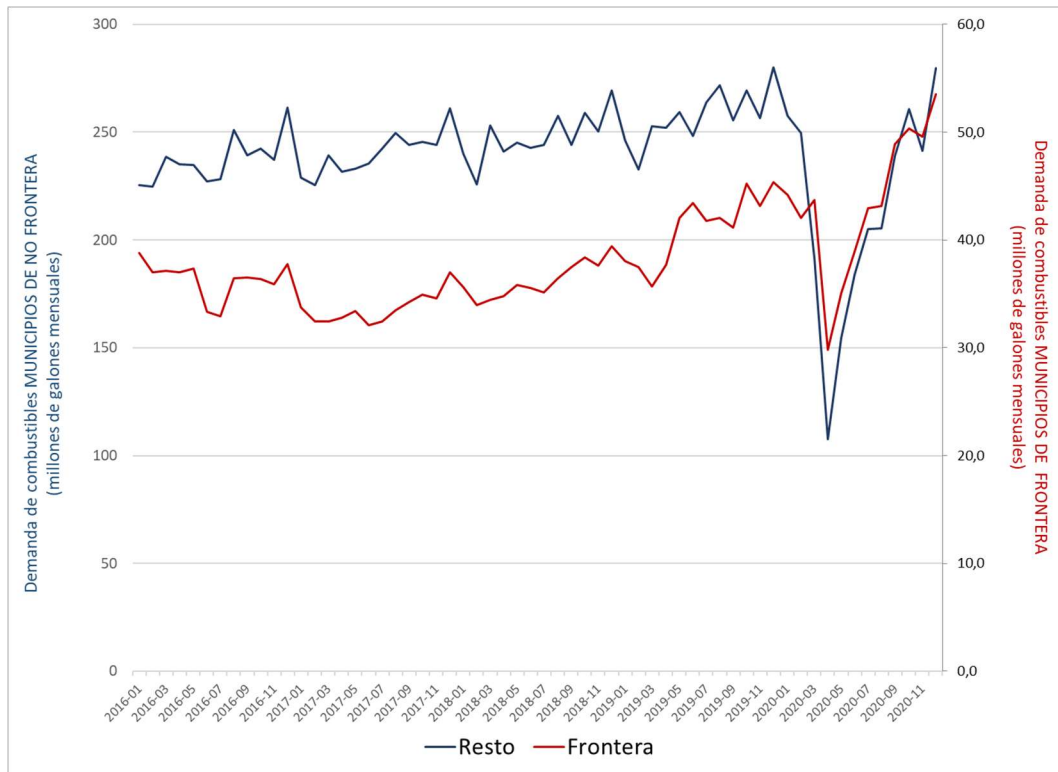
<sup>2</sup> Al sector secundario pertenecen las actividades mediante las cuales las materias primas se transforman en productos de consumo, ya sea de forma artesanal o industrial.

<sup>3</sup> El sector terciario reúne aquellas actividades mediante las cuales se prestan servicios, tales como el transporte, comercio, educación o los servicios financieros, entre otros.

<sup>4</sup> Cifras LAECO a abril de 2021.

consumo observado en 2019. No sobra decir que realizar las estimaciones con la información de 2020 llevaría a subestimar la necesidad de combustibles.

**Figura 1.1 - Consumo mensual de combustibles en los municipios del país**



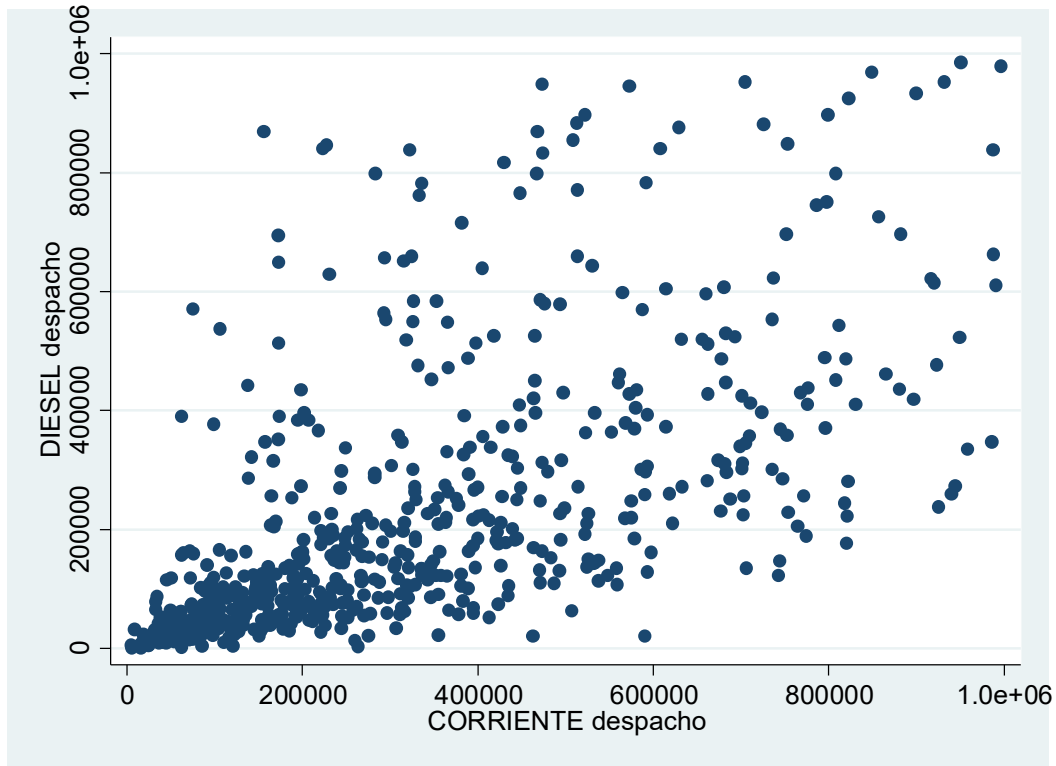
Fuente: construcción propia con base en información del SICOM

### 1.1.2 Estimación por combustibles

Es evidente que el uso que se da a la gasolina y al diésel es diferente. El primer combustible se utiliza principalmente para el transporte en los vehículos de menor tamaño, que en su mayoría se destinan al transporte de personas; mientras que el diésel tiene un mayor uso en vehículos de mayor tamaño utilizados para el transporte de carga y en actividades de extracción de insumos (agricultura y minería) y de transformación (industria).

Ese uso diferencial que tienen la gasolina y el diésel hacen que los determinantes de la necesidad de uno y otro combustible sean diferentes, lo cual no solo se verifica con la estimación de los modelos econométricos (ver numeral 1.2 ), sino al observar como la relación del consumo de gasolina y de diésel a nivel municipal no tiene un patrón definido (ver Figura 1.2)

**Figura 1.2 - Consumo de gasolina y diésel por municipio, 2019**



Fuente: construcción propia con base en información del SICOM

Esa diferencia entre los determinantes y el comportamiento de la demanda del consumo de gasolina y de diésel lleva a que la estimación de la necesidad de combustibles deba hacerse de forma separada para la gasolina y para el diésel.

### 1.1.3 Estimación con información de no frontera

Al observar las cifras de la demanda de combustibles en los municipios de frontera se aprecia cómo ellas tienden a ajustarse a los volúmenes asignados por el Ministerio de Minas y Energía, muy probablemente porque el diferencial de precios que esa asignación implica dificulta la comercialización de combustibles a precio nacional, en los municipios de frontera. Así, las estadísticas de combustibles comercializados en zonas de frontera más que reflejar el comportamiento de la demanda, podrían estar reflejando las restricciones a la oferta.

Ahora bien, para tener una buena estimación de las necesidades de combustibles es necesario calibrar los modelos econométricos con información de mercados en competencia, sin distorsiones como la observada para los municipios de frontera. Por esta razón, las estimaciones que se presentan más adelante se han realizado únicamente con la información de municipios que no hacen parte de los de frontera.

#### 1.1.4 No inclusión de cultivos ilícitos ni minería ilegal

Otro aspecto a tener en cuenta es que la asignación que se haga debe contemplar únicamente la demanda requerida por las actividades legales que se desarrollan en los municipios de frontera. Así, las estimaciones deben excluir, en lo posible, la demanda que pudiera darse para la producción de cocaína o para actividades de minería ilegal.

Para lograr lo anterior, los modelos econométricos se han estimado con la información de demanda únicamente de municipios en los que no hay presencia de cultivos ilícitos ni presencia de actividades de explotación ilegal de oro de aluvión.

#### 1.1.5 Definición de bandas de confianza

Tratándose de una estimación a partir de modelos econométricos, las estimaciones que con ellos se realizan predicen el valor esperado de la necesidad de combustibles, pero tienen un error de estimación que hace que en algunos casos la demanda real sea inferior a la predicha y viceversa.

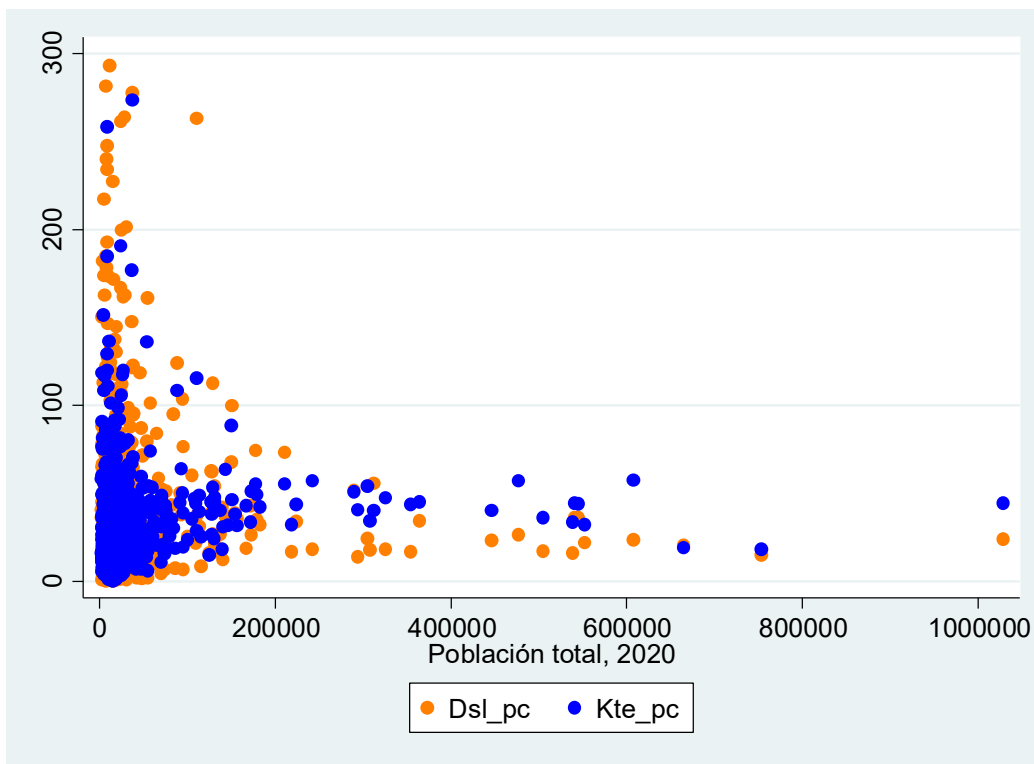
Esa característica de los modelos econométricos hace que en algunos casos se sobreestime y en otros se subestime la necesidad y por ello se propone la definición de un intervalo de confianza de las estimaciones (banda) y, para la asignación de volúmenes, la comparación de esa banda con la demanda observada en 2019. Cuando la demanda observada se encuentre por fuera de la banda, la asignación debería hacerse tomando la cota de la banda más cercana a ella, y cuando se encuentre dentro de la banda, se recomienda asignar un volumen igual al demandado en 2019.

#### 1.1.6 Estimaciones para diferentes tamaños municipales

Una característica de la demanda que puede afectar y sesgar la estimación de las necesidades de combustibles se ilustra en la Figura 1.3. Allí se observa cómo, en la medida que el tamaño de los municipios aumenta, la variabilidad del consumo per cápita se reduce y se tiende a un valor medio por persona.

Realizar la estimación de los modelos con la información de todos los municipios llevaría entonces a lo que se conoce como heterocedasticidad, situación ésta que a su vez induce errores en la estimación de los coeficientes para el cálculo de la necesidad de combustibles. Para superar esta situación es necesario reducir esa diferencia en la variabilidad del consumo, por ello se optó por dividir la información en dos grupos según el tamaño de los municipios; y en los de mayor tamaño estimar la necesidad de combustibles mediante una regresión lineal en función de la población, mientras que en los de menor tamaño la necesidad se modela en función de las variables descritas en la introducción de este numeral.

**Figura 1.3 - Demanda per cápita de combustibles, según tamaño municipal**



Fuente: construcción propia con base en información del SICOM

Para establecer el punto de corte entre municipios de menor y mayor tamaño se analizó el coeficiente de variación del consumo per cápita de los últimos. El punto de corte se estableció de forma que ese coeficiente no fuera mayor a 0,5. Así, el límite para la gasolina corriente quedó establecido en cien mil habitantes, y el de diésel en doscientos mil.

#### 1.1.7 Ponderación del parque automotor

Un último aspecto para considerar, previo a la estimación, es que la información del parque automotor se tiene discriminada por tipo de vehículo (automóviles, motocicletas, camionetas, camiones, buses, microbuses, volquetas, etc.) y que existe una alta correlación entre el número de vehículos de los diferentes tipos.

La existencia de esa correlación entre tipos de vehículos lleva a que si cada uno de ellos se introduce como una variable explicativa de demanda, aunque la precisión del modelo mejore los coeficientes de los tipos de vehículos resultarán sesgados e incluso algunos de ellos podrían resultar de signo negativo. Para evitar la anterior situación, previo a la estimación se realiza una ponderación de los diferentes tipos de vehículos; y para determinar los pesos de esa ponderación se recurre a la técnica de componentes principales.



## 1.2 MODELOS ECONÓMICOS

A continuación se presentan los modelos para la estimación de la necesidad de combustibles en los municipios de zonas de frontera. Tal como se indicó en el numeral anterior, dado que los determinantes del consumo de gasolina difieren de los de diésel, los modelos explicativos de uno y otro combustible son diferentes; por esta razón se presenta de forma separada la estimación de los modelos para cada uno de estos combustibles.

Por otra parte, y tal como también se explicó, previo a dicha modelación se hace una ponderación del parque automotor por municipio para utilizar ese parque ponderado como variable explicativa de la demanda. Así, para cada combustible se presentan, tanto la construcción de esa ponderación como los resultados de los modelos de estimación de la necesidad por municipio.

### 1.2.1 Gasolina corriente

#### ➤ Parque ponderado

De acuerdo con las cifras del RUNT, en los 624 municipios<sup>5</sup> del país utilizados para la estimación del modelo de necesidad de este combustible existen 421.196 vehículos particulares. De acuerdo con las proyecciones del DANE, a 2020 en esos mismos municipios se localiza una población de 11'841.230 personas, con lo que se tendría un parque de 675 vehículos de uso particular por municipio y una tasa de motorización de 3,56 vehículos particulares por cada cien habitantes.

Las cifras del RUNT también muestran que en los municipios utilizados para la estimación de los modelos de demanda existirían 21.803 vehículos a gasolina de uso público, es decir 1 por cada 19 vehículos particulares, y 5.054 vehículos a gasolina de uso oficial, que corresponden a uno por cada 83 particulares. De esta manera, el parque total de estos municipios sería de 448.053 vehículos – lo que corresponde con un promedio de 718 vehículos por municipio – siendo el 94% de ese parque de uso particular, el 4,9% de uso público y el restante 1,1% de servicio oficial.

Por tipo de vehículo, en los municipios utilizados para la estimación de los modelos de demanda, la mayor participación la tienen las motocicletas, el 51,1% del parque a gasolina corresponde a este tipo de vehículo. En segundo lugar se encuentran los automóviles con un 23,1% de participación y en tercer lugar las camionetas con un 12,4%. Así, los tres tipos de vehículos más frecuentes suman el 86,5% del parque total, que corresponde con 387.742 vehículos.

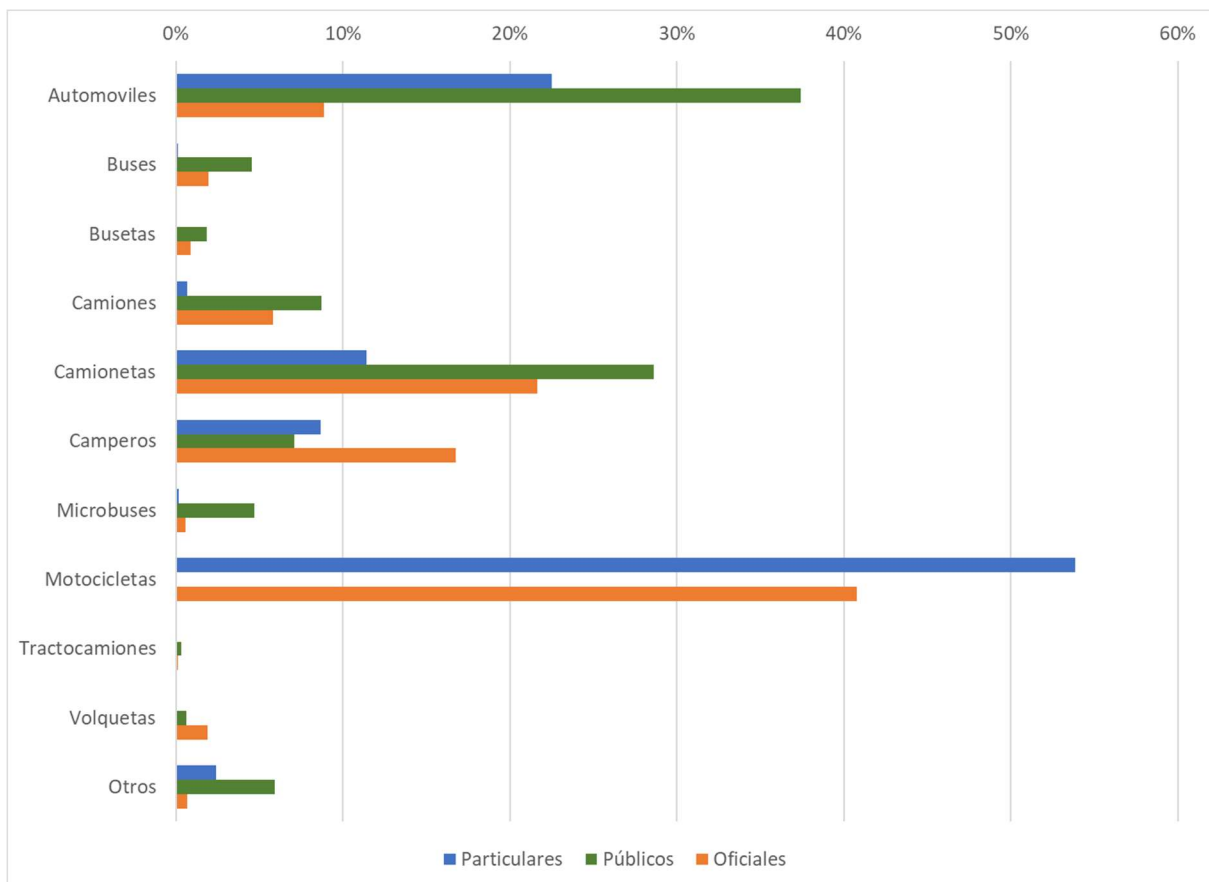
---

<sup>5</sup> Estos 624 municipios se refieren a municipios no catalogados como de frontera, cuya población es inferior a cien mil habitantes y en cuyas áreas no se registra la presencia de cultivos ilícitos ni de minería ilegal.

La composición del parque varía entre vehículos particulares, públicos y oficiales. Por ejemplo, en los primeros (particulares) las motocicletas son el tipo de vehículo más frecuente y las tres tipologías más frecuentes suman el 87,8% del parque, mientras que en los segundos (públicos) las motocicletas no se utilizan por lo que los automóviles y camionetas corresponden con el 66,1% del parque. En cuanto a los vehículos públicos, la participación de los automóviles (8,9%) y de las motocicletas (40,8%) es claramente menor que en los vehículos particulares, mientras que el de camionetas (28,6%) y camperos (16,8) es claramente superior.

La siguiente figura ilustra la participación media de los diferentes tipos de vehículos a gasolina, por tipo de servicio.

**Figura 1.4 - Distribución del parque automotor por tipo de vehículo en los municipios utilizados para la estimación de los modelos de demanda, según tipo de servicio**



Fuente: construcción propia con base en cifras del RUNT

En la anterior figura se puede observar como la composición del parque particular de vehículos a gasolina difiere entre tipos de servicios, por esta razón se ha calculado un ponderador para cada

servicio, utilizando para ello, tal como se indicó en el numeral anterior, la técnica de componentes principales. La siguiente tabla presenta la varianza explicada por cada uno de los diez primeros componentes del parque a gasolina, tanto para los vehículos particulares como para los de servicio público y los particulares. No sobra mencionar que este ejercicio se ha realizado únicamente con la información de los 624 municipios utilizados para la estimación del modelo de necesidad de este combustible.

**Cuadro 1.1 - Varianza explicada por los componentes principales del parque automotor a gasolina, de servicio particular y resto**

COMPONENTE	VEHÍCULOS PARTICULARES		SERVICIO PÚBLICO		VEHÍCULOS OFICIALES	
	EXPLICADA POR EL COMPONENTE	ACUMULADO	EXPLICADA POR EL COMPONENTE	ACUMULADO	EXPLICADA POR EL COMPONENTE	ACUMULADO
Componente 1	0,6214	0,6214	0,5576	0,5576	0,3991	0,3991
Componente 2	0,0917	0,7132	0,1008	0,6585	0,0942	0,4933
Componente 3	0,0837	0,7969	0,0733	0,7317	0,0889	0,5822
Componente 4	0,0528	0,8497	0,0631	0,7948	0,0851	0,6673
Componente 5	0,0411	0,8908	0,0614	0,8562	0,0785	0,7458
Componente 6	0,0399	0,9307	0,0474	0,9036	0,0696	0,8155
Componente 7	0,0286	0,9593	0,034	0,9377	0,0598	0,8753
Componente 8	0,0194	0,9787	0,0273	0,9649	0,0381	0,9134
Componente 9	0,0115	0,9902	0,0208	0,9858	0,037	0,9504
Componente 10	0,008	0,9982	0,0142	1,0000	0,0281	0,9785

Fuente: cálculos propios con base en información del RUNT

La tabla anterior muestra como el primer componente construido con base en la composición del parque automotor explica el 62,1% de la varianza para los vehículos particulares, el 55,8% de los vehículos públicos y el 39,9% de los oficiales. Esa pérdida de varianza naturalmente hace que el uso de los ponderadores del parque, calculados con el primer componente, reduzca la precisión del modelo de necesidad de combustible, pero resulta necesaria para evitar que por esa correlación el coeficiente que explique la demanda no solo resulte sesgado sino que pueda resultar negativo para algunos tipos de vehículo.

La definición de los ponderadores se realizó entonces con el primer componente del parque automotor a gasolina de cada tipo de vehículos; luego el parque ponderado fue introducido como variable explicativa del consumo de gasolina (ver numeral siguiente), en ese ejercicio no fue posible obtener un coeficiente confiable para el parque oficial, razón por la cual fue excluido como variable explicativa<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Excluir esa variable de las explicativas no tiene un efecto importante en la predicción del modelo entre otras cosas porque el parque oficial apenas representa el 1.1% del parque municipal.

En el siguiente cuadro se presentan los pesos utilizados para el cálculo del parque ponderado, particular y público, estos han sido calculados con el programa de análisis estadístico stata. En el cuadro se presenta el peso calculado por el programa y el peso ajustado de forma que la interpretación de su coeficiente en el modelo de demanda (ver numeral siguiente) se puede asimilar a la necesidad adicional que tendría un municipio por el incremento de un vehículo en su parque vehicular<sup>7</sup>.

**Cuadro 1.2 - Ponderadores del parque automotor a gasolina, por tipo de vehículo, para el servicio particular y resto**

COMPONENTE	PONDERADOR VEHÍCULOS PARTICULARES		PONDERADOR SERVICIO PÚBLICO	
	SIN AJUSTE	AJUSTADO	SIN AJUSTE	AJUSTADO
Automóviles	0,0026	1,1248	0,0194	0,1646
Buses	0,1674	73,2669	0,1224	1,0408
Busetas	0,2724	119,2452	0,2544	2,1635
Camiones	0,0611	26,7601	0,0902	0,7672
Camionetas	0,0045	1,9738	0,0254	0,2158
Camperos	0,0065	2,8403	0,0887	0,7543
Microbuses	0,1608	70,3941	0,1432	1,2172
Motocicletas	0,0015	0,6680	0,0000	0,0000
Tractocamiones	0,6000	262,6670	0,5324	4,5267
Volquetas	0,2304	100,8599	0,4515	3,8389
Otros	0,0128	5,5885	0,0177	0,1507

Nota: El ponderador ajustado corresponde al valor del ponderador por el parque medio de los municipios

Fuente: cálculos propios con base en información del RUNT

### ➤ Modelo de estimación

En el Cuadro 1.3 se presenta el resultado de la modelación econométrica que permite estimar la necesidad de gasolina corriente a nivel municipal. La tabla presenta cuatro modelos. El primero de ellos corresponde al modelo propuesto para estimar la necesidad, el cual ha sido estimado con la demanda observada en 2019; el segundo incluye en ese modelo, a manera informativa, las demás variables consideradas para la estimación pero que no resultan significativas; el tercero corresponde al segundo pero calibrado con la información de demanda de 2020, este modelo refleja la menor demanda de ese año por efecto del impacto económico que tuvo la pandemia del COVID-19.; y el cuarto modelo incluye en la estimación a municipios con presencia de cultivos ilícitos y minería ilegal, así como las variables que reflejan este fenómeno, para de esta manera medir el impacto de esas actividades ilegales en la demanda.

<sup>7</sup> Para realizar el ajuste se estimó un modelo del consumo explicado por el parque particular y el parque público, y otro modelo explicándolo con el primer componente de cada uno de esos tipos de vehículos. La relación entre los coeficientes de esas dos estimaciones corresponde, para cada tipo de vehículo, con el factor de ajuste de los pesos.

**Cuadro 1.3 - Modelos de demanda de gasolina corriente**

VARIABLE	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5
Población (2020)					3,55 ***
Particulares ponderados (2021)	30,58 ***	35,20 ***	30,49 ***	32,80 ***	
Públicos ponderados (2021)	1.060,74 ***	1.202,95 ***	946,90 ***	961,84 ***	
Oficiales ponderados (2021)		-4.514,73 **	-	4.120,83 **	
Producción minera (Tn, 2019)		-0,00	-0,00		
Total área agrícola (Ha, 2018)		-0,01	0,03		
Carga movilizada (Tn, 2018)	0,03 *	0,03 *	0,03 *		
Volumen movilizado (Gl, 2018)		-0,01	0,00		
VA primario (2018)		-2,34	7,67		
VA secundario (2018)	89,11 ***	71,82 **	56,40 **	78,96 ***	
VA terciario (2018)		-2,46	7,40		
TPD		0,20	-0,04		
Producción potencial Coca (2019)				1,97 *	
Oro ilegal (Ha)				5,98	
Oro en trámite de legalización (Ha)				3,27	
Constante de estimación	4.397,01 -	-4.078,31	2.440,11 -	-4.082,82	4344,94
Número de observaciones	624	624	624	744	52
Ajuste (R2)	0,5902	0,5966	0,6415	0,5930	0,9877

Modelo 1: Propuesto para municipios de cien mil habitantes o menos. Estimado con información de 2019

Modelo 2: Informativo. Incluye variables no significativas

Modelo 3: Pandemia. Estimado con información de demanda de 2020

Modelo 4: Ilícitos. Incluye municipios con cultivos ilícitos y minería ilegal.

Modelo 5: Propuesto para municipios de más de cien mil habitantes.

Nivel de significancia estadística de las variables: \*\*\* 99% \*\* 95% \* 90%

Fuente: Cálculos propios con información de demanda de 2019. La fecha a que corresponde cada una de las variables explicativas se presenta entre paréntesis a continuación del nombre de cada una de ellas.

Puede verse en la tabla anterior (modelo 1), cómo la demanda de gasolina corriente depende fundamentalmente del parque vehicular de ese combustible y de la actividad del sector secundario<sup>8</sup>. El modelo estima que por cada vehículo particular se estarían consumiendo 30,6 galones mensuales, mientras que por cada vehículo de servicio público la demanda sería 35 veces más.

<sup>8</sup> El sector primario se refiere a las actividades económicas asociadas a la producción o extracción de bienes que se consumen directamente como alimentos o que se utilizan como materias primas o insumo para la producción de otros bienes, dentro del sector primario se encuentra la agricultura, ganadería, pesca y minería. Al sector secundario pertenecen las actividades mediante las cuales las materias primas se transforman en productos de consumo, ya sea de forma artesanal o industrial. Y al sector terciario pertenecen aquellas actividades mediante las cuales se prestan servicios, tales como el transporte, comercio, educación o los servicios financieros, entre otros.

En cuanto a la demanda de gasolina de las actividades productivas, el coeficiente del valor agregado del sector secundario indica que por cada mil millones de pesos generados se estarían consumiendo 89,11 galones de gasolina mensuales. A esto puede sumarse el aporte a la demanda de gasolina que tendría el movimiento de carga, que sería de 0,03 galones mensuales por tonelada movilizada.

El Cuadro 1.3 también permite observar el efecto que tuvo sobre la demanda de gasolina la pandemia del COVID-19. Al comparar las estimaciones con pandemia (modelos 3) y sin ella (modelo 2), se aprecia como el principal efecto se habría dado sobre el consumo del parque vehicular de uso público que habría reducido su consumo en 21,3%, mientras que el consumo de los vehículos particulares se habría reducido en 13,4%; y en el consumo unitario del sector secundario, en el cual la demanda por millón de pesos generado se redujo en 19,4%. Los primeros resultados reflejan el menor uso de los vehículos tanto públicos como particulares, mientras que el último indicaría que las actividades productivas que más se vieron afectadas por la pandemia fueron aquellas con una mayor exigencia de gasolina para la generación de valor agregado.

El cuarto modelo, por su parte, muestra la incidencia que tienen las actividades ilícitas en la demanda de gasolina. Puede verse que la presencia de minería ilegal no incide en esta demanda, pero que la presencia de cultivos ilícitos y por lo tanto la potencial producción de pasta de cocaína si lo tiene. Con ese modelo se estima entonces que por cada kilogramo de pasta potencialmente producida se incrementaría la demanda de las EDS en 23,64 galones anuales<sup>9</sup>. El Ministerio de Justicia ha estimado que para la producción de un kilo de pasta de cocaína se utilizan 74,6 galones de gasolina, así el 31,7% de ese combustible estaría siendo adquirido en EDS de los mismos municipios en que se produce la hoja de coca.

Finalmente, el quinto modelo presentado en el Cuadro 1.3 presenta la demanda estimada para los municipios de cien mil habitantes o más. En este caso, la demanda mensual por habitante se estima en 3,55 galones por habitante.

## 1.2.2 ACPM

### ➤ Parque ponderado

La calibración del modelo de demanda de combustible diésel se realizó de manera similar a la estimación del de gasolina. Construyendo previamente un parque ponderado de vehículos particulares y públicos, mediante la técnica de componentes principales, y luego estimando el modelo econométrico tomando esos parques ponderados como variables explicativas, junto con

---

<sup>9</sup> La referencia del consumo para producción de pasta de cocaína se hace anual, porque la producción potencial está medida para esa unidad de tiempo.

las demás descritas al inicio de este capítulo. En el cuadro que se presenta a continuación se pueden observar los pesos utilizados para la ponderación del parque.

**Cuadro 1.4 - Ponderadores del parque automotor a gasolina, por tipo de vehículo, para el servicio particular y resto**

COMPONENTE	PONDERADOR VEHÍCULOS PARTICULARES		PONDERADOR SERVICIO PÚBLICO	
	SIN AJUSTE	AJUSTADO	SIN AJUSTE	AJUSTADO
Automóviles	0,0793	48,4669	0,2477	5,2077
Buses	0,1870	114,3396	0,0228	0,4795
Busetas	0,3436	210,0842	0,0432	0,9088
Camiones	0,0329	20,1338	0,0074	0,1556
Camionetas	0,0059	3,5913	0,0110	0,2315
Camperos	0,0106	6,4993	0,0232	0,4887
Microbuses	0,1839	112,4525	0,0199	0,4186
Motocicletas	0,0492	30,0589	0,0000	0,0000
Tractocamiones	0,3516	214,9661	0,0188	0,3966
Volquetas	0,0637	38,9941	0,0206	0,4322
Otros	0,3002	183,5374	0,7097	14,9233

Nota: El ponderador ajustado corresponde al valor del ponderador por el parque medio de los municipios

Fuente: cálculos propios con base en información del RUNT

➤ Modelo de estimación

De manera similar que para la gasolina, en el Cuadro 1.5 se presentan los resultados de la modelación del consumo de diésel. La primera columna corresponde al modelo utilizado para la predicción de la demanda, la segunda y tercera dan información respectivamente de la significancia de otras variables consideradas y del efecto del COVID-19 en 2020, la cuarta permite observar el efecto que tiene la presencia de actividades ilegales y la quinta corresponde con el modelo para los municipios que superan los doscientos mil habitantes.

**Cuadro 1.5 - Modelos de demanda de diésel**

VARIABLE	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5
Población (2020)					1,97 ***
Particulares ponderados (2021)	28,77 **	23,83 *	21,58 *	26,58 **	
Públicos ponderados (2021)	651,28 *	652,37 *	488,45	749,60 **	
Oficiales ponderados (2021)		1.859,43			
Materiales construcción (Tn, 2019)	0,11 ***	0,37 ***	0,30 ***	0,10 ***	
Resto producción minera (Tn, 2019)		-0,15 ***	-0,12 ***		
Área caña de azúcar (Ha, 2018)	0,41 *	0,43 *	0,64 **	0,32	
Resto área agrícola (Ha, 2018)		0,17	0,18		
Carga movilizada (Tn, 2018)	0,33 ***	0,31 ***	0,27 ***	0,31 ***	
Volumen movilizado (Gl, 2018)		0,78 *	0,66 *		
VA primario (2018)		42,65	58,49		
VA secundario (2018)	91,76 *	96,19 *	109,60 *	59,79	
VA terciario (2018)		-3,33	3,93		
TPD			0,08		
Producción potencial Coca (2019)				0,59	

VARIABLE	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5
Oro ilegal (Ha)				22,69 *	
Oro en trámite de legalización (Ha)				82,43	
Constante de estimación	-1.743,68	7,285,00	1.547,97	-724,67	37.028,78
Número de observaciones	645	645	648	769	25
Ajuste (R2)	0,6083	0,6271	0,5725	0,5872	0,9715

Modelo 1: Propuesto para municipios de cien mil habitantes o menos. Estimado con información de 2019

Modelo 2: Informativo. Incluye variables no significativas

Modelo 3: Pandemia. Estimado con información de demanda de 2020

Modelo 4: Ilícitos. Incluye municipios con cultivos ilícitos y minería ilegal.

Modelo 5: Propuesto para municipios de más de doscientos mil habitantes.

Nivel de significancia estadística de las variables: \*\*\* 99% \*\* 95% \* 90%

Fuente: Cálculos propios con información de demanda de 2019. La fecha a que corresponde cada una de las variables explicativas se presenta entre paréntesis a continuación del nombre de cada una de ellas.

Se aprecia en el cuadro anterior como la demanda de diésel, al igual que sucedía para la gasolina, depende del tamaño del parque automotor. Sin embargo, en el diésel también resultan relevantes variables como la explotación minera de materiales de construcción, el área sembrada con caña de azúcar y la carga movilizada desde los municipios, además del valor agregado secundario que también resulta significativo para la gasolina.

Así, por cada vehículo particular el consumo de diésel se incrementa en 28,8 galones mensuales y por cada vehículo público en 651,3 galones mensuales; y por cada tonelada de carga adicional, que se transporte desde el municipio, el consumo aumenta en 0,33 galones mensuales – esto es diez veces el efecto que esa variable tiene en la demanda de gasolina.

Por su parte, el efecto del valor agregado del sector secundario sobre la demanda es similar al de la gasolina, por cada mil millón de pesos generado se estarían demandando 91,76 galones de combustible diésel.

En cuanto a la actividad agrícola, únicamente resulta significativo el coeficiente de la caña de azúcar, el cual indica una demanda de 0,41 galones mensuales de diésel por hectárea sembrada. De la explotación minera incide en la demanda la extracción de materiales de construcción, por cada tonelada producida se demanda 0,11 galones mensuales. A este mismo sector pertenece la explotación ilegal de oro de aluvión, la cual requeriría de 22,69 galones mensuales de combustible por hectárea explotada.

Finalmente, el modelo 5 nos dice que la dotación media requerida por habitante en los municipios de doscientas mil personas o más, es de 1,97 galones de diésel por habitante.



### 1.3 BANDAS PARA ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL

Las bandas para la asignación de los volúmenes máximos de gasolina y de diésel se definen en función a la precisión del modelo de estimación, definiendo esa precisión como la siguiente relación:

$$\text{Precisión del modelo} = \frac{\text{Demanda 2019} - \text{Estimación}}{\text{Demanda 2019}} \times 100$$

La cota mínima de la banda se establece, tanto para la gasolina como para el diésel, en el percentil 25 de la distribución de esa relación, con lo que se garantiza que a los sumo para el 25% de los municipios se estimará una demanda inferior a la efectivamente registrada.

En lo que respecta a la cota máxima, en el numeral 1.2.1 se mostró como una parte de la gasolina que distribuyen las EDS es adquirida para el procesamiento de pasta de cocaína. Esta situación genera un riesgo que, en el informe anterior, se mostró como varía entre regiones en función a la mayor o menor presencia de cultivos ilícitos. Así, con base en dicho informe se puede afirmar que el mayor riesgo se presenta en los departamentos de Putumayo y Santander, y el menor los departamentos de La Guajira y Magdalena. Tal como se puede apreciar en la siguiente tabla tomada del mencionado informe.

**Cuadro 1.6 - Producción potencial de base de cocaína y comparación de la necesidad de gasolina para la producción de cocaína con los volúmenes comercializados por las EDS, por región (2019)**

REGIÓN	[1] PRODUCCIÓN POTENCIAL DE BASE DE COCA (TONELADAS)	[2] NECESIDAD DE GASOLINA PARA PRODUCCIÓN DE COCAÍNA (MILES GALONES)	[3] DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA A TRAVÉS DE EDS (MILES GALONES)	RELACIÓN [2/3]
Amazonía (Amazonas, Guainía y Vaupés)	1,78	133	5.673	2,3%
Catatumbo (Norte de Santander)	227,79	16.993	51.275	33,1%
Central (Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Córdoba, Cundinamarca y Santander)	86,06	6.420	806.954	0,8%
Meta y Guaviare	47,96	3.578	49.932	7,2%
Orinoquía (Arauca y Vichada)	0,80	60	10.177	0,6%
Pacífico (Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño)	377,04	28.127	353.517	8,0%
Putumayo y Caquetá	258,83	19.309	33.020	58,5%
Sierra Nevada (La Guajira y Magdalena)	0,02	2	40.031	0,0%
<b>PROMEDIO PAÍS</b>	<b>1.000,28</b>	<b>74.621</b>	<b>1'350.579</b>	<b>5,5%</b>

Fuente: Cuadro 2.5 de la Parte 1 del Producto 2 de esta consultoría. Elaborado a partir de información del SICOM e información suministrada por la Subdirección de estratégica y de análisis del Ministerio de Justicia

En atención a ese mayor riesgo, la cota máxima para la banda de gasolina se estableció más alta en la medida que menor es el riesgo de que la gasolina sea utilizada con fines ilegales. Así, para los departamentos de Putumayo y Caquetá la cota máxima se establece igual al valor predicho por el modelo; para la región del Catatumbo se establece en el percentil 75, para los departamentos de Meta, Guaviare y del Pacífico en el percentil 90 y para los demás departamentos en el percentil 95. Las cotas de la banda se calculan entonces por municipio aplicando la siguiente ecuación:

$$Cota = Parámetro \times Volumen\ estimado$$

Siendo el parámetro el asociado a los percentiles enunciados en los párrafos anteriores. Dichos parámetros son entonces:

**Cuadro 1.7 - Parámetros para el cálculo de las bandas por municipio y combustible**

REGIÓN	GASOLINA		DIÉSEL	
	COTA BAJA	COTA ALTA	COTA BAJA (PERCENTIL 25)	COTA ALTA (PERCENTIL 95)
Amazonía (Amazonas, Guainía y Vaupés)	0,26	2,89	0,30	2,51
Catatumbo (Norte de Santander)		1,26		
Central (Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Córdoba, Cundinamarca y Santander)		2,89		
Meta y Guaviare		2,01		
Orinoquía (Arauca y Vichada)		2,89		
Pacífico (Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño)		2,01		
Putumayo y Caquetá		1,00		
Sierra Nevada (La Guajira y Magdalena)		2,89		

Fuente: Cálculos propios

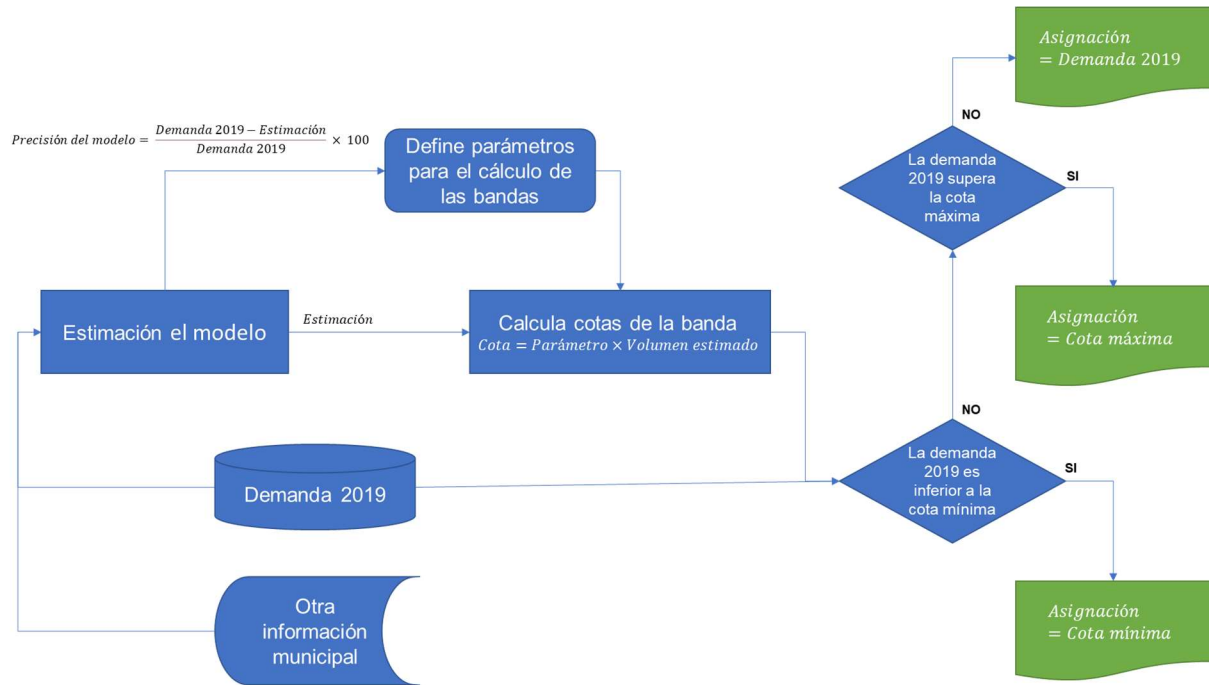
## 1.4 RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN

A continuación se describe el proceso para la definición de los volúmenes a asignar por municipio y se presentan los resultados de esa asignación por combustible y departamento. En el Anexo 3 de este documento se presentan los resultados de la asignación por combustible y municipio.

### 1.4.1 Definición de los volúmenes a asignar

La figura siguiente muestra el proceso para la definición de los volúmenes a asignar, por combustible, a cada municipio. El mismo parte de la estimación de los modelos presentada en el numeral 1.2 de este documento, con base en las cuales se estima la necesidad de gasolina y de diésel para cada municipio de las zonas de frontera.

**Figura 1.5 - Proceso de definición de volúmenes máximos, por municipio y combustible**



Fuente: Construcción propios

Resultado de la estimación de los modelos es la precisión de estos, lo cual sirve de insumo para la definición de los parámetros para el cálculo de las cotas de la banda para la asignación de volúmenes máximos (ver numeral □). Con esos parámetros, se procede entonces a calcular, para la cota superior e inferior de las bandas para la asignación, tanto de gasolina corriente como de diésel.

Finalmente se procede a un proceso de comparación: (i) cuando para un municipio y combustible, la demanda registrada en 2019 es inferior a la cota inferior de la banda, se le asigna el valor de esa cota inferior; (ii) cuando es mayor que la cota superior, se le asigna el valor de la cota superior; y cuando se encuentra entre las dos cotas, es decir en la banda, se le asigna la demanda registrada en 2019.

#### 1.4.2 Resultados para gasolina corriente

La tabla siguiente muestra el consolidado de los volúmenes asignados por municipio para gasolina corriente y su diferencia con la demanda registrada en 2019.

**Cuadro 1.8 - Asignación de gasolina corriente por departamento y consumo registrado en 2019 (galones mensuales)**

DEPARTAMENTO	VOLUMEN ASIGNADO	CONSUMO 2018	DIFERENCIA (GALONES)	DIFERENCIA (%)
Boyacá	38.666	58.787	-20.121	-34,2%
Cesar	4'618.602	5'362.434	-743.832	-13,9%
Chocó	306.577	351.610	-45.033	-12,8%
La Guajira	2'418.603	735.682	1'682.921	228,8%
Nariño	5'617.893	6'481.142	-863.249	-13,3%
Norte de Santander	5'384.572	4'228.187	1'156.385	27,3%
Arauca	714.054	714.054	0	0,0%
Putumayo	1'288.567	1'320.104	-31.537	-2,4%
Amazona	216.268	216.268	0	0,0%
Guainía	150.627	212.473	-61.846	-29,1%
Vaupés	36.007	36.007	0	0,0%
Vichada	123.087	132.467	-9.380	-7,1%
<b>TOTAL ZONAS DE FRONTERA</b>	<b>20'913.524</b>	<b>19'849.215</b>	<b>1'064.309</b>	<b>5,4%</b>

Fuente: Construcción propia con base en información SICOM

Puede apreciarse como el método de cálculo propuesto incrementa en 5,4% el volumen de gasolina a asignar a la totalidad de los municipios de frontera, aunque al interior presenta cambios importantes. Destaca el incremento de volumen que tendría La Guajira (228,8%) y las reducciones de Cesar (-13,9%) y Nariño (-13,3%).

#### 1.4.3 Resultados para ACPM

De manera similar que para gasolina corriente, a continuación se presentan los resultados de la asignación para el combustible diésel, acumulados por departamento.

**Cuadro 1.9 - Asignación de diésel por departamento y consumo registrado en 2019 (galones mensuales)**

DEPARTAMENTO	VOLUMEN ASIGNADO	CONSUMO 2018	DIFERENCIA (GALONES)	DIFERENCIA (%)
Boyacá	24.848	28.720	-3.872	-13,5%
Cesar	3'555.425	8329.014	-4'773.589	-57,3%
Chocó	68.952	68.952	0	0,0%
La Guajira	1'682.812	1916.380	-233.568	-12,2%
Nariño	2'938.083	3693.206	-755.123	-20,4%
Norte de Santander	4'606.559	5732.707	-1'126.148	-19,6%
Arauca	678.194	678.194	0	0,0%
Putumayo	550.161	554.831	-4.670	-0,8%
Amazona	51.560	51.560	0	0,0%
Guainía	35.908	35.908	0	0,0%
Vaupés	6.682	4.970	1.712	34,4%
Vichada	74.686	89.841	-15.155	-16,9%
<b>TOTAL ZONAS DE FRONTERA</b>	<b>14'273.870</b>	<b>21'184.283</b>	<b>-6'910.413</b>	<b>-32,6%</b>

Fuente: Construcción propia con base en información SICOM

En el cuadro anterior puede verse que la metodología de asignación lleva a una reducción de cerca de 7 millones de galones de combustible diésel (32,6%) de la demanda de las zonas de frontera en 2019. Esta reducción se concentra principalmente en el departamento del Cesar y se encuentra explicada por el consumo realizado por vehículos de paso (por la Ruta del Sol) cuyos viajes no se originan ni terminan en municipios de frontera.

## 1.5 ACTUALIZACIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL

En la primera parte de este capítulo se indicó que para las estimaciones de las necesidades de combustibles, se parte de la estimación de modelos econométricos calibrados con la información de la demanda de combustibles de 2019. Esta decisión obedece a la contracción que vivió la economía nacional en 2020 por efecto de la pandemia del COVID-19; y para volver a los niveles de actividad económica de 2019 se requerirá por lo menos de dos años.

Por lo anterior, las estimaciones antes presentadas pueden entenderse como una subestimación de la necesidad de combustibles, tanto de este año como del próximo. Siendo así, en opinión del equipo consultor, los volúmenes aquí calculados no requerirán de una actualización para su aplicación sino hasta el año 2023.

## Capítulo 2

### PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL ENTRE LAS ESTACIONES DE SERVICIO

---

La propuesta de distribución del volumen máximo asignado a un municipio entre sus EDS constituye la materia de este capítulo. Se acompaña esta propuesta del software desarrollado para llevar a cabo dicha distribución, anexo 5, con sus manuales de usuario y del sistema, anexos 6 y 7. Puesto que uno de los cambios fundamentales que se propone en la metodología de asignación de volúmenes máximos municipales explicada en el capítulo 1 es el de considerar por separado cada combustible, esta propuesta de distribución aplica a cada uno de ellos. La propuesta tiene como primer paso calcular la base volumétrica para esa asignación por EDS, que se explica en el numeral 2.1, lo cual implica determinar el volumen base por compras y el volumen base por almacenamiento. En el numeral 2.2 se presenta la manera como se consideran las EDS nuevas en esta distribución, en el numeral 2.3 se analiza el tema del límite superior al volumen que se asigna y el procedimiento iterativo que implica para garantizar que el volumen máximo del municipio se distribuye completamente. Por último, en el numeral 2.4 se propone un ajuste periódico o redistribución del volumen máximo municipal, basado en el volumen de despachos promedio de las EDS en los últimos seis meses.

#### 2.1 BASE VOLUMÉTRICA PARA LA ASIGNACIÓN ENTRE LAS EDS

La asignación del volumen máximo municipal a las EDS se realiza obteniendo la base volumétrica para asignación<sup>10</sup> entre las EDS, la cual resulta de ponderar el volumen base por compras<sup>11</sup> (80%) y el volumen base por almacenamiento<sup>12</sup> (20%). Con la base volumétrica para asignación se obtiene la participación de cada EDS, como su volumen sobre la sumatoria de volúmenes de todas las EDS del municipio. La asignación a la EDS es en principio el producto de esa participación por el volumen máximo municipal (VMM), la cual puede ser ajustada posteriormente, en la medida que existan EDS que superen el límite superior establecido para dicha asignación. Así, para la EDS  $i$  de un municipio:

---

<sup>10</sup> En la Resolución 40884 de 2019 se lo denomina volumen máximo teórico, VMT.

<sup>11</sup> En la Resolución 40884 de 2019 se lo denomina volumen distribuido por compras, VDC.

<sup>12</sup> En la Resolución 40884 de 2019 se lo denomina volumen distribuido por almacenamiento, VDA.

$$VB_i = 0.8 * VC_i + 0.2 * VA_i \quad (2.1)$$

$$p_i = \frac{VB_i}{\sum_{j=1}^n VB_j} \quad (2.2)$$

$$C_i = \rho_i * VMM \quad (2.3)$$

Donde:

$VB_i$  = Base volumétrica para asignación de la EDS  $i$ .

$VC_i$  = Volumen base por compras de la EDS  $i$ .

$VA_i$  = Volumen base por almacenamiento de la EDS  $i$ .

$p_i$  = Participación de la EDS  $i$  en la base volumétrica.

$C_i$  = Cupo o volumen máximo a asignar a la EDS  $i$ . Este volumen podrá ser modificado si existen EDS en el municipio cuyo cupo sobrepase el límite superior establecido, como se explica en el numeral 2.3.

### 2.1.1 Volumen base por compras

Se propone tomar como volumen base por compras el promedio mensual de los despachos en 2020, según el SICOM, incluyendo el combustible comprado tanto a precio de frontera como a precio nacional. La escogencia de este período está soportada en el análisis de correlaciones de las participaciones de las EDS en el volumen total del municipio, en 2019, 2020 y último trimestre de 2020, para: i) todas las EDS del país, ii) las EDS de frontera – total y cinco regiones –, iii) las EDS no de frontera y iv) estas últimas sin incluir las ciudades principales.

Se encontró que a nivel de los conjuntos mencionados, las participaciones en el año 2020 están altamente correlacionadas con las del último trimestre de ese mismo año, el cual estuvo mucho menos afectado por las restricciones de la pandemia (la correlación más baja es de 0.9730 para gasolina corriente y 0.9614 para diésel, exceptuando en este segundo combustible la región Norte<sup>13</sup>); este resultado permite concluir que proporciona información muy similar tomar el año completo 2020 que el último trimestre. De otra parte, las correlaciones entre dichas participaciones de las EDS entre 2019 y 2020 y entre 2019 y último trimestre de 2020, aunque

<sup>13</sup> La región Norte en diésel tiene una correlación entre 2020 y cuarto trimestre de ese año de 0.8941.

altas resultaron un poco más bajas que las anteriores<sup>14</sup>, mostrando que ha habido de todas formas un cambio de comportamiento entre 2019 y 2020, así no sea muy grande, siendo preferible tomar la información más reciente. De esta manera, se propone tomar todo el año 2020 para tener un horizonte más amplio que el de un solo trimestre. Los cuadros en que se basa este análisis se presentan en el anexo 8. Entonces, para la EDS  $i$ , el volumen base por compras es:

$$VC_i = \text{Volumen promedio mensual de despachos a la EDS } i \text{ en 2020}$$

### 2.1.2 Volumen base por almacenamiento

Respecto del volumen base por almacenamiento, el concepto de capacidad operativa de almacenamiento (días que rota normalmente el inventario, o días promedio entre dos entregas consecutivas de combustible a las EDS) es la forma apropiada para tomar la capacidad de almacenamiento sin generar incentivos a sobredimensionar los tanques de almacenamiento en las EDS. En este sentido, se considera también que el acotamiento del índice de rotación de inventario a los días definidos como capacidad óptima de almacenamiento en la Resolución 40884 de 2019 es adecuado como metodología general, aunque vale la pena analizar si dicho número de días está bien estimado para las circunstancias actuales y si es conveniente tener un solo parámetro para todas las zonas de frontera o se debiera considerar el hecho de que en algunas partes es posible para las EDS abastecerse con mayor frecuencia que en otras.

En consecuencia, se hizo una revisión de la capacidad operativa óptima de almacenamiento por región y departamento de frontera a través de obtener el promedio y la desviación estándar del número de despachos realizados a cada EDS en 2019<sup>15</sup>. El índice de capacidad operativa (días promedio entre despachos o días de almacenamiento operativo) se calculó como 365 sobre dicho promedio menos media desviación estándar, que corresponde a considerar el índice que satisfarían el 69% de las EDS, asumiendo una distribución normal. En el anexo 9 se presenta este ejercicio en mayor detalle. En los siguientes dos cuadros, respectivamente para gasolina y para diésel, se resumen los resultados obtenidos y se presenta una propuesta con dos alternativas de los parámetros (en días de almacenamiento operativo óptimo) que se podrían optar para el cálculo del volumen base por almacenamiento de las EDS.

En esta propuesta se han considerado dos alternativas: la primera se ajusta más a las capacidades operativas de almacenamiento estimadas y consiste en tener cinco parámetros según el rango en que se encuentra el índice calculado, así: i) menor que 8 días, se toma como parámetro 6 días, que es cercano al promedio del interior del país exceptuando las ciudades principales, ii) entre 8 y 11

<sup>14</sup> La excepción es la región Norte en diésel donde la correlación entre años 2019 y 2020 (0.9399) resultó mayor que la correlación entre 2020 y cuarto trimestre (0.8941).

<sup>15</sup> No se tomó 2020 debido a que pudo haber menos despachos debido a la pandemia.



días, se toma 9 días (la mitad del rango es 9.5 días pero se prefiere truncar a 9 días, lo mismo para los rangos que siguen), iii) entre 11 y 14 días, se toma 12 días, iv) entre 14 y 17 días, se toma 15 días y v) mayor que 17 días, se toma 18 días. La idea en esta primera alternativa es tener como límite inferior el índice de los municipios del interior, exceptuando las grandes ciudades, que es cercano a 6 días de almacenamiento.

En la segunda alternativa el único cambio es que se acota a un máximo de 12 días, suprimiendo los rangos iv) y v) para no incrementar tanto el parámetro en algunos casos; en esta segunda alternativa se recomienda revisar en un año el parámetro en los departamentos o regiones que tienen una capacidad operativa de almacenamiento alta, pues puede obedecer a dificultades reales, como deficiencias en vías de acceso, que impiden el abastecimiento con una frecuencia mayor.

En cada alternativa para Nariño se ha incluido en columna aparte la posibilidad de abrirlo en los municipios que colindan con el mar Pacífico y que su acceso es fundamentalmente fluvial o por cabotaje (exceptuando Tumaco) y los demás municipios, cuyo acceso es por vía terrestre.

**Cuadro 2.1 – Propuesta de capacidad operativa óptima de almacenamiento para gasolina corriente**

DEPARTAMENTO Y REGIÓN	CAPACIDAD OPERATIVA DE ALMACENAMIENTO ESTIMADA -DÍAS-	CAPACIDAD OPERATIVA ÓPTIMA DE ALMACENAMIENTO PROPUESTA -DÍAS-			
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
La Guajira	6.86	6		6	
Cesar	6.42	6		6	
Ruta del Sol	6.39	6		6	
Norte de Santander	3.27	6		6	
Boyacá	8.31	9		9	
Arauca	17.67	18		12	
<b>Región Norte</b>	<b>5.05</b>				
Vichada	9.17	9		9	
Vaupés	15.59	15		12	
Guainía	2.02	6		6	
Amazonas	4.18	6		6	
<b>Amazonía/Orinoquía</b>	<b>10.11</b>				
Putumayo	8.18	9		9	
Nariño	13.71	12		12	
Nariño acceso x carretera	11.27		12		9
Nariño con acceso fluvial	24.63		18		12
<b>Nariño/Putumayo*</b>	<b>10.57</b>				
Chocó	5.39	6		6	
<b>Región al Pacífico**</b>	<b>19.32</b>				
<b>Interior sin ciudades ppales</b>	<b>6.23</b>				
* No incluye Nariño con acceso fluvial					
** Incluye Chocó y Nariño con acceso fluvial					

Fuente: SICOM, cálculos de Econometría S. A.

**Cuadro 2.2 – Propuesta de capacidad operativa óptima de almacenamiento  
 para diésel**

DEPARTAMENTO Y REGIÓN	CAPACIDAD OPERATIVA DE ALMACENAMIENTO ESTIMADA -DÍAS-	CAPACIDAD OPERATIVA ÓPTIMA DE ALMACENAMIENTO PROPUESTA -DÍAS-			
		Alternativa 1		Alternativa 2	
La Guajira	9.01	9		9	
Cesar	6.12	6		6	
Ruta del Sol	5.51	6		6	
NS	5.51	6		6	
Boyacá	12.89	12		12	
Arauca	6.27	6		6	
<b>Región Norte</b>	<b>7.82</b>				
Vichada	8.19	9		9	
Vaupés	15.59	15		12	
Guainia	8.18	9		9	
Amazonas	7.28	6		6	
<b>Amazonía/Orinoquia</b>	<b>6.76</b>				
Putumayo	12.13	12		12	
Nariño	21.73	18		12	
Nariño acceso x carretera	17.53		18		12
Nariño con acceso fluvial	55.68		18		12
<b>Nariño/Putumayo*</b>	<b>15.25</b>				
Chocó	52.34	18		12	
<b>Región al Pacífico**</b>	<b>57.90</b>				
<b>Interior sin ciudades ppales</b>	<b>6.53</b>				
* No incluye Nariño con acceso fluvial					
** Incluye Chocó y Nariño con acceso fluvial					

Fuente: SICOM, cálculos de Econometría S. A.

El volumen base por almacenamiento de la EDS  $i$ , para cualquiera de los dos combustibles, es entonces:

$$VA_i = \min \left\{ CT_i, \frac{VC_i * \rho_i}{30} \right\} \quad (2.4)$$

Donde:

$CT_i$  = Capacidad de almacenamiento de los tanques de la EDS  $i$ .

$\rho_i$  = Parámetro de capacidad operativa óptima de almacenamiento, tomado del cuadro 2.1 o del 2.2 de acuerdo con el combustible que se esté considerando, según el departamento al que pertenece la EDS  $i$ .

## 2.2 INGRESO DE ESTACIONES NUEVAS

El ingreso de estaciones nuevas se hace con el mismo procedimiento descrito en el numeral 2.1, pues se debe mantener el volumen máximo asignado al municipio, por lo que se requiere reducirle el cupo de manera proporcional a las EDS “antiguas”. Para evitar cambios en las asignaciones a las EDS antiguas en fechas distintas a las del ajuste o redistribución que se propone en el numeral 2.4, es conveniente restringir el ingreso de EDS nuevas a las fechas en que se lleve a cabo dicho ajuste. Se propone que en el procedimiento mencionado en el numeral anterior, las EDS nuevas entren con el menor volumen base por compras y el menor volumen base por almacenamiento entre todas las EDS antiguas del municipio; además, si el menor volumen base por almacenamiento es mayor que la capacidad en tanques de alguna EDS nueva, se toma para esa estación su capacidad en tanques. Así, los volúmenes base por compras y por almacenamiento de la EDS nueva  $k$  se calculan de la siguiente forma:

$$VC_k = \min_{i \in A} \{VC_i\} \quad (2.5)$$

$$VA_k = \min_{i \in A} \{VA_i, CT_k\} \quad (2.6)$$

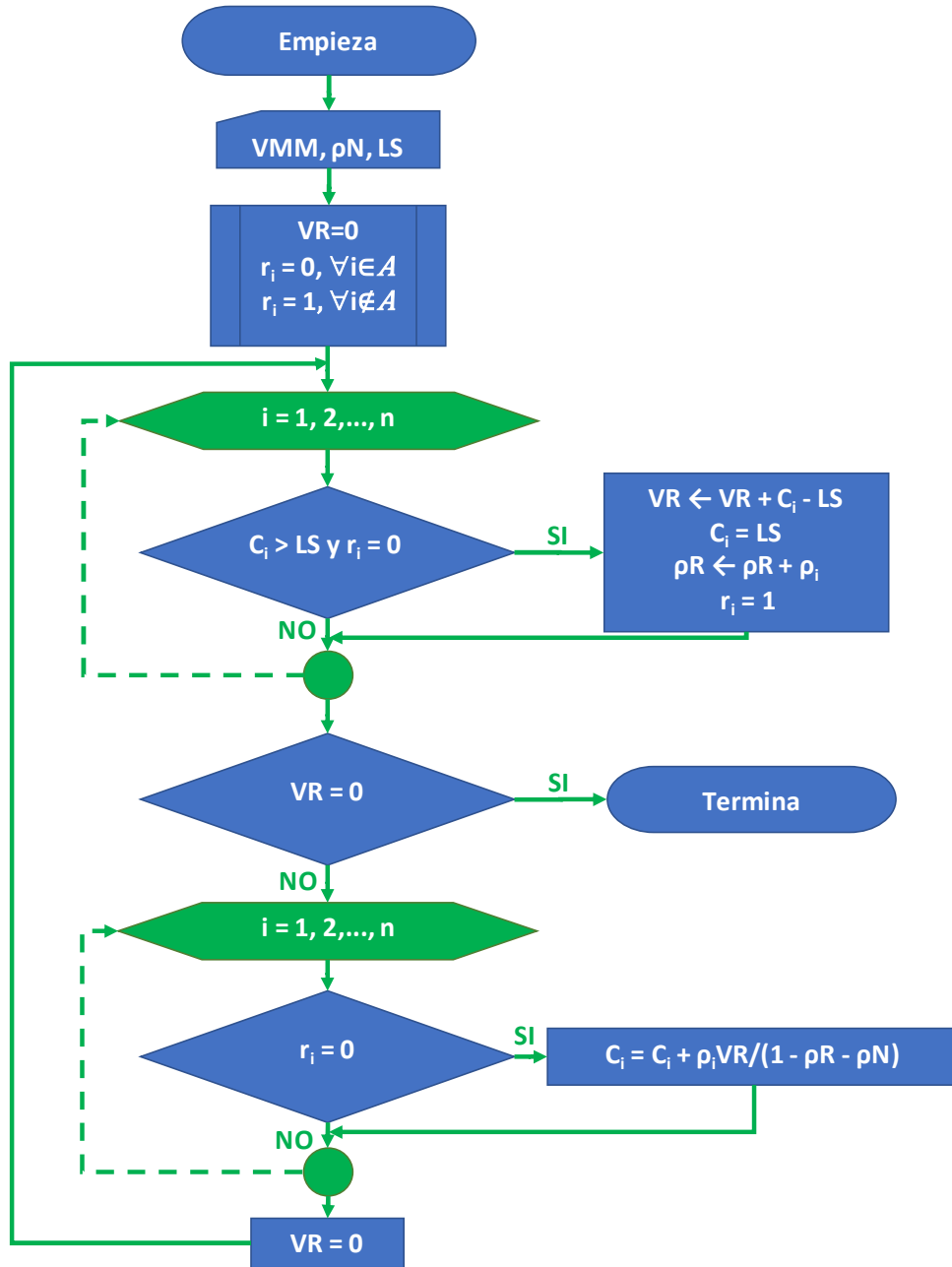
Donde  $A$  es el conjunto de estaciones antiguas.

Las EDS nuevas, como se observa en el diagrama que se muestra en el numeral 2.3, no entran para la redistribución del sobrante de las EDS que sobrepasan el límite superior; no obstante, pueden crecer realizando compras de combustible a precio nacional, cuyos volúmenes serán considerados en el ajuste o redistribución periódico de los cupos por EDS que se harían de acuerdo con el procedimiento que se propone en el numeral 2.4.

## 2.3 LÍMITE SUPERIOR DE LA ASIGNACIÓN A UNA EDS

De manera general, si LS es el límite superior para una EDS del municipio en consideración para un determinado combustible, se realiza el siguiente procedimiento, donde  $\rho_N$  es la participación de las EDS nuevas,  $VR$  es una variable que se utiliza para acumular el sobrante de combustible de las EDS que superan el límite superior,  $\rho_R$  es la participación de las EDS que se les asigna como cupo el límite superior,  $r_i$  vale cero si la EDS es antigua y su cupo asignado no es mayor que el límite superior, de lo contrario vale uno. Las demás variables que aparecen en el diagrama de flujo del procedimiento se han definido en los dos numerales anteriores (ver figura 2.1).

**Figura 2.1 – Procedimiento para asignar los cupos a las EDS de un municipio cuando algunas sobrepasan el límite superior**



Fuente: Construcción propia.

Se hizo una revisión de los límites actuales y se encontró que son poco restrictivos, pues el número de EDS que presentan compras mayores que los mismos son relativamente pocas en las zonas de frontera y corresponden a una proporción similar a la que ocurre en los municipios del interior del país, exceptuando las ciudades principales. La conclusión es que esos límites se

podrían eliminar o, de querer restringir el cupo para que las EDS más grandes no lo acaparen, habría que reducir los límites superiores. Se realizó entonces un análisis que en detalle aparece en el anexo 10, a través de la distribución de las compras de las EDS por percentiles, para el total de las zonas de frontera, sus regiones, y el interior del país sin ciudades principales.

"Por combustible se propone entonces situarse en el percentil 95 de la distribución del consumo mensual promedio en las estaciones del interior del país, lo que significa que para gasolina corriente en cifra redondeada son 75.000 galones y para ACPM 85.000 galones. Esto restringe especialmente la zona Norte y en el caso de diésel restringe de forma fuerte las EDS de la Ruta del Sol".

## 2.4 AJUSTE PERIÓDICO A LA ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MUNICIPAL A LAS EDS

Finalmente, se propone como alternativa a la redistribución de cupos que se plantea en la Resolución 40884 de 2019, realizar un ajuste a la asignación de las EDS periódicamente con la información de los seis meses anteriores al mes en que dicho ajuste se realiza. El período de ajuste puede ser trimestral, caso en que se comporta como un promedio móvil, pues se incluyen los últimos tres meses del ajuste inmediatamente anterior. Sin embargo, si la carga administrativa que esto implica es alta el período puede ser mayor. El procedimiento para realizar este ajuste es el mismo descrito en los tres numerales anteriores, solo que el volumen base por compras corresponde al promedio mensual de despachos en los seis meses.

La conveniencia de esta propuesta se centra en el hecho de que, como se incluyen las compras a precio nacional, las EDS que quieran ampliar su cupo pueden hacerlo incrementando su participación mediante dichas compras. Además, como se toman los despachos realizados a cada EDS, las cesiones que se hayan realizado no tienen efecto y cada vez más se va a acercar al volumen que está demandando cada EDS.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ANH. (2019). *Producción y regalías por producto*. Obtenido de Obtenido de <http://solarvorp.anh.gov.co/app2/#/page/visor/18>.
- DANE. (2018). *Población nacional desagregada por municipios*. Obtenido de. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>.
- Despachos. (2019). *Despachos anuales por SICOM. Drive interno* .
- Kutner R. (2004). *Correlation, Variance Inflation and Multicollinearity in Regression Model*. En *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Eastern Asia Society for Transportation Studies. <https://doi.org/10.11175/easts.12.2006>.
- MinJusticia. (2018). *Potencial de producción de pasta de cocaína. Drive interno*.
- MinJusticia. (2019). *Evidencia de explotación de oro de aluvión. Drive interno*.
- RUNT. (2020). *Parque automotor nacional. Drive interno* .
- SOLARVORP. (2019). *Kilopies cúbicos de crudo producido*. Obtenido de. <http://solarvorp.anh.gov.co/app2/#/page/visor/18>.
- Terridata. (2018). *Hectáreas cultivadas por tipo de bien agrícola*. Obtenido de. Obtenido de <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/descarga>.
- UNODC. (2019). *Monitorio de territorios afectados por cultivos ilícitos 2019*. Obtenido de. Obtenido de [http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/images/oferta/censos/Monitoreo2019WebOK\\_2.pdf](http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/images/oferta/censos/Monitoreo2019WebOK_2.pdf).

## ANEXO 1 - BASES DE DATOS, PROCESADA Y CONSOLIDADAS DE DIÉSEL Y GASOLINA CORRIENTE

---

Este anexo contiene dos partes: la primera es la descripción que se hace a continuación de las variables más relevantes contenidas en las bases de datos y la segunda la constituyen las bases de datos que se incluyen en archivo comprimido aparte.

### A1.1 DEMANDA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS.

Los modelos presentados buscan explicar, en todos los casos, el consumo total anual de combustibles líquidos, específicamente de GASOLINA CORRIENTE y DIÉSEL (Como se ha explicado en el capítulo 1 del informe, el consumo de gasolina EXTRA en zona de frontera es inexistente). Para esto se cuenta con información del número total de galones despachados por EDS a nivel nacional provenientes de la base DESPACHOS. Así pues, se cuenta con un total de 957 observaciones para el caso de gasolina corriente y 948 observaciones para diésel que corresponden a los municipios con EDS registradas. Aquí es importante aclarar que 11 municipios pertenecientes a Zona de Frontera no registran información en la base, ya que estos no cuentan con estaciones de servicio.

**Cuadro A1.1 – Municipios ZDF sin EDS**

MUNICIPIO	CÓDIGO MUNICIPAL DANE
EL ENCANTO AMAZONAS	91263
PUERTO ALEGRÍA	91530
PUERTO ARICA	91536
TARAPACÁ	91798
CACAHUAL	94886
LA GUADALUPE	94885
PANA PANA	94887
PUERTO COLOMBIA	94884
SAN FELIPE	94883
PACOA	97511
YAVARATÉ	97889

Fuente: Elaboración propia con base en (Despachos, 2019)

**Cuadro A1.2 – Resumen consumo de combustible líquido (Galones Totales Anuales)**

VARIABLE	OBS	MEDIA	DESV.EST	MIN	MAX
Gasolina Corriente	957	2,015,097	12,300,000	5,130	325,000,000
Diésel	948	1,674,776	7,183,889	680	191,000,000

Fuente: Elaboración propia con base en (Despachos, 2019)

### A1.2 PARQUE AUTOMOTOR



Se cuenta con información del número de vehículos asociados a la residencia del propietario con base en el registro (RUNT, 2020) provisto directamente por la institución, es decir que se cuenta con información para la totalidad del país (1,122 municipios). Dicha base de datos presenta información individual sobre el tipo de vehículo (automóvil, bus, buseta, camión, camioneta, campero, ciclomotor, cuadriciclo, cuatrimoto, microbús, motocarro, motocicleta, mototriciclo, tractocamión, tricimoto y volqueta), su clase (particular, público, oficial, diplomático y especial), su combustible (gasolina, gasolina-eléctrico, diésel, diésel-eléctrico y gas natural), el modelo del vehículo y el año de matrícula. La base de datos registra un total de 17'729,380 vehículos de los cuales se cuenta con un total de 1'377,427 vehículos en ZDF. A continuación, se presenta el resumen del parque automotor por subregión, tipo de vehículo y clase para los principales tipos de vehículo:

**Cuadro A1.3 – Resumen V.A y actividades ppales.**

DESCRIPCIÓN	REGIÓN NORTE	AMAZONÍA/ORINOQUÍA	REGIÓN AL PACÍFICO	NARIÑO/PUTUMAYO	INTERIOR DEL PAÍS	CIUDADES PRINCIPALES	RUTA DEL SOL	TOTAL
<b>AUTOMOVIL</b>	<b>132080</b>	<b>1044</b>	<b>587</b>	<b>92838</b>	<b>1439265</b>	<b>1771186</b>	<b>8623</b>	<b>3445623</b>
Diplomático	3	1		1	100	66	2	173
Oficial	714	7		683	3133	8433	5	12975
Particular	115510	947	560	84467	1345173	1652349	7751	3206757
Público	15853	89	27	7687	90859	110338	865	225718
<b>BUS</b>	<b>1945</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>1803</b>	<b>28084</b>	<b>37494</b>	<b>91</b>	<b>69445</b>
Diplomático					8	3		11
Oficial	110	9	2	175	869	967		2132
Particular	210	1		131	2431	2671	17	5461
Público	1625	7	9	1497	24776	33853	74	61841
<b>BUSETA</b>	<b>1348</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>890</b>	<b>16277</b>	<b>12912</b>	<b>110</b>	<b>31555</b>
Diplomático						1		1
Oficial	90			52	390	607	1	1140
Particular	155	1	1	53	1441	966	17	2634
Público	1103	8	8	785	14446	11338	92	27780
<b>CAMION</b>	<b>10062</b>	<b>144</b>	<b>127</b>	<b>9373</b>	<b>119555</b>	<b>113309</b>	<b>1137</b>	<b>253707</b>
Diplomático	3				17	9		29
Oficial	288	24	4	369	3946	3569	18	8218
Particular	3425	55	19	1389	28971	23140	355	57354
Público	6346	65	104	7615	86621	86591	764	188106
<b>CAMIONETA</b>	<b>51631</b>	<b>866</b>	<b>779</b>	<b>39582</b>	<b>567485</b>	<b>695718</b>	<b>3868</b>	<b>1359929</b>
Diplomático	8			3	57	34	2	104
Oficial	1027	64	20	1039	10856	18014	31	31051
Particular	43923	698	636	28661	475696	552337	3201	1105152
Público	6673	104	123	9879	80876	125333	634	223622
<b>CAMPERO</b>	<b>18040</b>	<b>408</b>	<b>729</b>	<b>16852</b>	<b>303356</b>	<b>309136</b>	<b>1157</b>	<b>649678</b>
Diplomático	6		1	2	93	21	1	124

DESCRIPCIÓN	REGIÓN NORTE	AMAZONÍA/ORINOQUÍA	REGIÓN AL PACÍFICO	NARIÑO/PUTUMAYO	INTERIOR DEL PAÍS	CIUDADES PRINCIPALES	RUTA DEL SOL	TOTAL
Especial					1			1
Oficial	395	24	13	546	4790	7759	20	13547
Particular	17083	375	700	15731	283879	295930	1116	614814
Público	556	9	15	573	14593	5426	20	21192
<b>MOTOCICLETA</b>	<b>461145</b>	<b>27973</b>	<b>9790</b>	<b>389861</b>	<b>5400348</b>	<b>2323030</b>	<b>69340</b>	<b>8681487</b>
Diplomático	41	9		16	747	109	3	925
Oficial	4272	348	20	4114	25514	52112	43	86423
Particular	456832	27616	9770	385730	5374084	2270808	69294	8594134
Público				1	3	1		5
<b>TRACTOCAMION</b>	<b>932</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1074</b>	<b>18644</b>	<b>22242</b>	<b>506</b>	<b>43407</b>
Diplomático					6	1		7
Oficial	5	3		6	138	94		246
Particular	46			15	547	631	4	1243
Público	881	5	1	1053	17953	21516	502	41911
<b>VOLQUETA</b>	<b>2992</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>1767</b>	<b>25868</b>	<b>17187</b>	<b>327</b>	<b>48225</b>
Diplomático			1	1	8	4		14
Oficial	125	12	6	167	1710	617	4	2641
Particular	554	15	5	623	8285	3342	134	12958
Público	2313	28	17	976	15865	13224	189	32612
<b>Total</b>	<b>680175</b>	<b>30524</b>	<b>12062</b>	<b>554040</b>	<b>7918882</b>	<b>5302214</b>	<b>85159</b>	<b>14583056</b>

Fuente: Elaboración propia con base en (RUNT, 2020)

### A1.3 VALOR AGREGADO Y PRINCIPALES PRODUCCIONES

El censo del (DANE, 2018) calcula el valor agregado para cada uno de los municipios a nivel nacional. El valor agregado se calcula para los 3 sectores principales de la economía, a saber; sector primario, secundario y terciario, además del valor agregado total (VA\_primario, VA\_secundario, VA\_terciario). La información se expresa en miles de millones de pesos. El sector primario comprende las actividades y extractivas, el secundario la producción industrial y la manufactura y el sector terciario se refiere a las actividades económicas del sector servicios y comercio de alto valor. La información de los principales productos agrícolas se basa en la información disponible en los Datos Abiertos del Gobierno Colombiano (datos.gov.co, 2018) registrada en la base TERRIDATA. La información contiene el número de hectáreas dedicadas a la producción de dicho bien agrícola (Arroz y caña de azúcar mecanizada). Por su parte, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH, 2019) pone a disposición el número total de Kilopieles cúbicos de crudo producido en cada municipio a nivel mensual a través de su plataforma SOLARVORP. Se utiliza el total de la producción del 2019 para cada municipio.

### Cuadro A1.4 – Resumen V.A y actividades ppales.

Pertenece a Frontera	VA Primarias	VA Secundarias	VA Terciarias	Arroz	Caña	Petróleo
Dato	Miles de millones COP			Hectáreas		kpc
No	62358.08	45564.05	106382.49	2154923	2526322	\$ 714,000,000
Si	11474.53	5550.73	16230.08	274747	0	\$ 116,500,000

Fuente: Elaboración propia con base en (Terridata, 2018), (DANE, 2018),  
 (SOLARVORP, 2019)

## A1.4 ACTIVIDADES ILEGALES

La información pública del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos – SIMCI de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, 2019) contiene información sobre el número total de hectáreas cultivadas de hoja de coca para la totalidad de los municipios afectados por este cultivo a Diciembre de 2019. Por su parte, la Dirección de Minas del Ministerio de Minas y Energía puso a disposición la base de datos que contiene información sobre el número de hectáreas con evidencias de explotación de oro de aluvión (EVOA) para 2019. La EVOA se divide en tres categorías; explotación ilegal, explotación en transición a la legalidad, explotación legal.

### Cuadro A1.5 –Hectáreas de EVOA y Coca

VARIABLE	OBS	MEDIA	DESV.EST	MIN	MAX
Ha_Au_legal	957	27.52524	268.0262	0	5441.217
Ha_Au_trámite	957	6.448582	60.12472	0	1212.284
Ha_Au_ilegal	957	62.59743	385.9299	0	4952.98
Ha_coca	957	159.3656	959.5879	0	19892.71

Fuente: Elaboración propia con base en Estadísticas de minería ilegal 2018, del  
 MME, (UNODC, 2019)

## ANEXO 2 - PROGRAMAS (DO-FILES) DE MODELOS DE DIÉSEL Y GASOLINA CORRIENTE

---

## ANEXO 3 – VOLÚMENES MÁXIMOS ASIGNADOS POR MUNICIPIO

---

## ANEXO 4 – PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE VALIDEZ DE LOS MODELOS DESARROLLADOS

---

La estimación de un modelo de regresión multivariado lineal se fundamenta principalmente en tres supuestos estadísticos que permiten obtener estimadores consistentes, insesgados y en general confiables; No correlación de los términos de error, ortogonalidad de las variables explicativas y homocedasticidad del término de error. En la práctica, la violación de supuestos fundamentales ocurre con frecuencia, ello no implica en muchos casos inconsistencia en las estimaciones cuando se conoce la causa y a su vez los datos cuentan con propiedades estadísticas que limitan el sesgo. El presente anexo busca demostrar que los resultados obtenidos en la estimación de los modelos econométricos son parámetros confiables con respaldo estadístico y cumplimiento de los supuestos fundamentales, a pesar de que exista evidencia estadística de presencia de heteroscedasticidad en algunos modelos, lo cual, como se verá a continuación no implica la invalidez de los modelos gracias a buenas propiedades estadísticas de los datos utilizados.

#### A4.1 EXOGENEIDAD ESTRICTA Y NORMALIDAD DEL ERROR ESTOCÁSTICO

Al realizar pruebas estadísticas sobre la omisión de variables relevantes se valida el supuesto de independencia condicional. La prueba de Link analiza este supuesto, en donde la hipótesis nula de la prueba implica exogeneidad estricta y la alternativa algún grado (desconocido) de endogeneidad. La prueba de link utiliza como variable dependiente el consumo municipal de gasolina/diésel en función de sus valores predichos y el cuadrado de sus valores predichos. El modelo se encuentra bien especificado cuando el valor predicho “hat” explica la variable dependiente pero su cuadrado “hatsq” no. Se encuentra que para las 4 regresiones principales, dos que contemplan las observaciones al interior del país con una población menor a 100,000 habitantes y dos que predicen el consumo de municipios al interior del país con una población mayor a 100,000 habitantes la prueba de Link no rechaza la hipótesis nula con una confianza estadística del 95% y se concluye exogeneidad en el sentido de Link. A continuación se presentan los resultados obtenidos de la prueba y su p.valor asociado.

### Cuadro A4.1- Prueba de Link regresiones relevantes

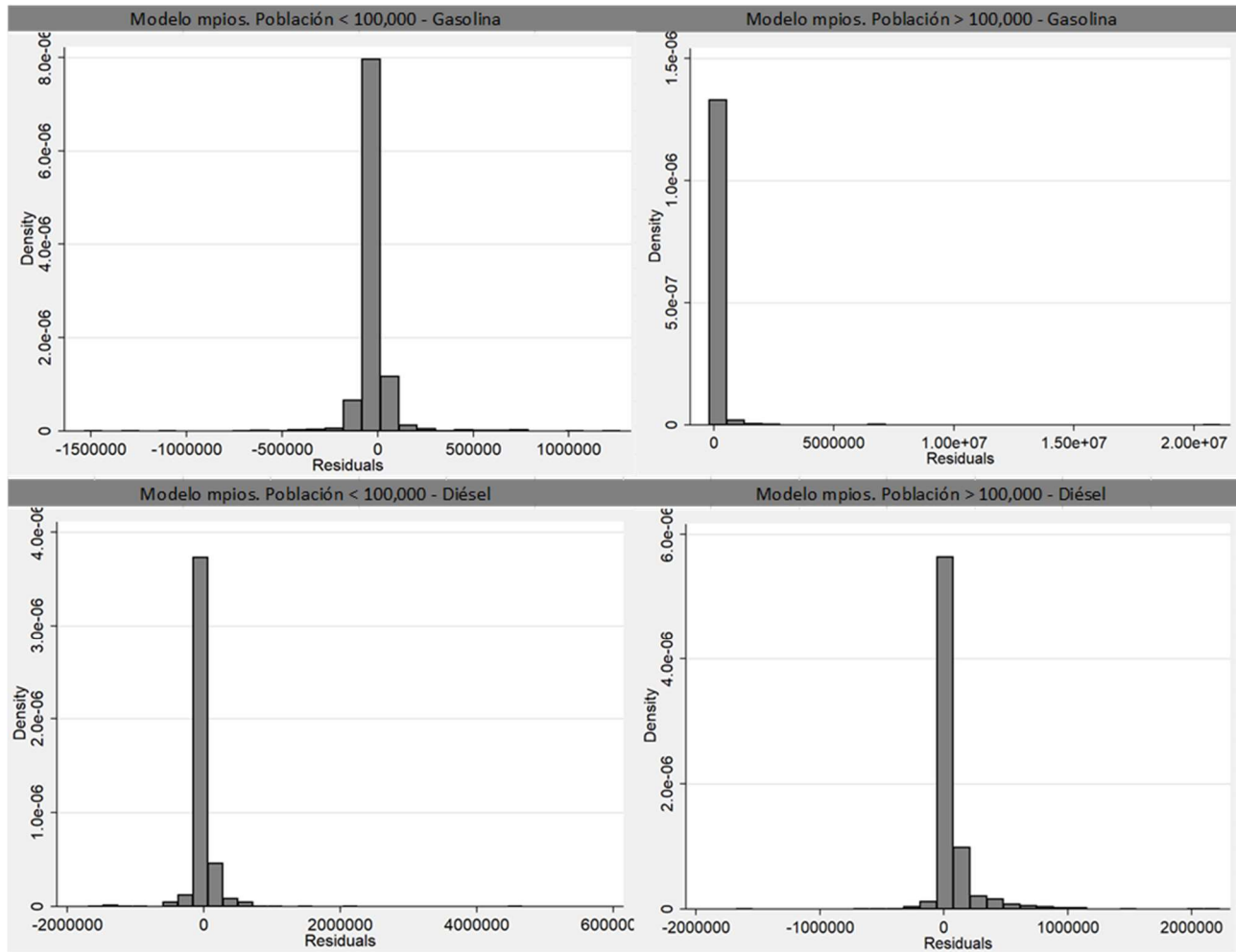
Modelo mpios. Población < 100,000 - Gasolina						Modelo mpios. Población > 100,000 - Gasolina					
Source	SS	df	MS	Number of obs =	624	Source	SS	df	MS	Number of obs =	52
			F(2, 621)	=	468.79				F(2, 49)	=	2117.41
Model	2.47E+12	2	1.2366e+12	Prob > F	= 0	Model	8.16E+14	2	4.0810e+14	Prob > F	= 0
Residual	1.64E+12	621	2.6379e+09	R-squared	= 0.6016	Residual	9.44E+12	49	1.9274e+11	R-squared	= 0.9886
			Adj R-squared	=	0.6003				Adj R-squared	=	0.9881
Total	4.11E+12	623	6.5994e+09	Root MSE	= 51361	Total	8.26E+14	51	1.6189e+13	Root MSE	= 4.40E+05
corriente_~f						corriente_~f					
	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]		Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
_hat	0.673204	0.084415	7.97	0.000	.5074313 0.838977	_hat	1.091057	0.050706	21.52	0.000	.9891597 1.192955
_hatsq	1.25E-06	2.97E-07	1.77	0.072	6.66e-07 1.83E-06	_hatsq	-3.64E-09	1.93E-09	-1.88	0.065	-7.52e-09 2.41E-10
_cons	9179.303	3490.741	2.63	0.009	2324.217 16034.39	_cons	-97242.3	84610.41	-1.15	0.256	-267273.2 72788.74
Modelo mpios. Población < 100,000 - Diésel						Modelo mpios. Población > 100,000 - Diésel					
Source	SS	df	MS	Number of obs =	624	Source	SS	df	MS	Number of obs =	52
			F(2, 621)	=	468.79				F(2, 49)	=	2117.41
Model	1.51E+13	2	1.2366e+12	Prob > F	= 0	Model	8.16E+14	2	4.0810e+14	Prob > F	= 0
Residual	9.21E+12	642	2.6379e+09	R-squared	= 0.6016	Residual	9.44E+12	49	1.9274e+11	R-squared	= 0.9886
			Adj R-squared	=	0.6003				Adj R-squared	=	0.9835
Total	2.43E+13	644	6.5994e+09	Root MSE	= 51361	Total	8.26E+14	51	1.6189e+13	Root MSE	= 3.45E+05
corriente_~f						corriente_~f					
	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]		Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
_hat	0.673204	0.084415	7.97	0.000	.35799760 0.838977	_hat	0.574326	0.050706	21.52	0.000	.9891597 1.192955
_hatsq	5.34E-08	2.97E-07	1.52	0.086	3.45e-08 1.83E-06	_hatsq	-2.51E-09	1.01E-01	-1.72	0.075	-1.54e-09 3.45E-10
_cons	1176	5993	3.63	0.007	4124.217 16034.39	_cons	-12242.3	64579	-1.15	0.256	-267273.2 44721.74

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

Por su parte, el término de error estocástico, es decir la información no capturada del modelo debe cumplir dos condiciones básicas de los supuestos fundamentales; normalidad en su distribución y valor esperado igual a cero. Nuevamente, para todos los escenarios planteados (4) se encuentra que ambas condiciones se cumplen correctamente. Esta información se refleja a través de un histograma, donde se observa alta concentración de los valores en la media, que a su vez debe ser igual a cero. Adicionalmente, la prueba de probabilidad de normalidad de los errores estandarizados revisa la no-normalidad en el rango medio. Si los errores siguen la línea continua de distribución normal, se concluye que los errores siguen, en efecto la distribución normal. Gráficamente se observa que los residuos tienden a la línea continua con desviaciones esperadas, lo que permite concluir la normalidad de los residuos.

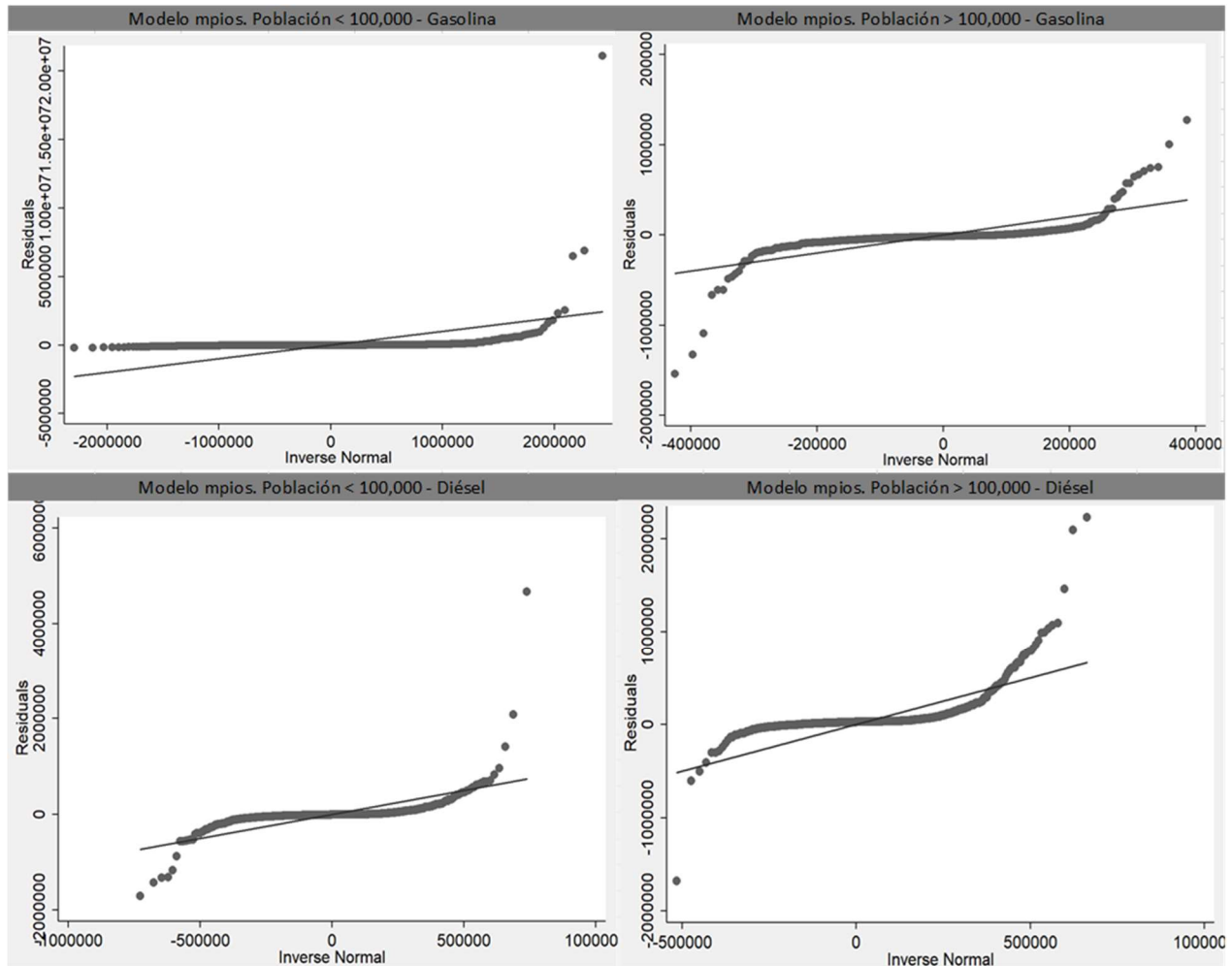


**Figura A4.1 – Histograma de los residuos estocásticos**



Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

**Figura A4.2 – Probabilidad de distribución normal**



Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

#### A4.2 ORTOGONALIDAD DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

El segundo supuesto fundamental explica que no debe existir dependencia lineal de los regresores, es decir que la correlación de las variables explicativas debe ser baja. El método del factor de inflación de la varianza (VIF) cuantifica hasta qué punto la varianza de las variables se incrementa a causa de la colinealidad. Como regla empírica, (Kutner R., 2004) define alta multicolinealidad cuando  $VIF > 10$ . La violación de este supuesto fundamental puede llevar a la inestabilidad de las variables independientes, signos contrarios a los esperados y errores estándares elevados que dificultan o anulan la interpretación de los resultados. A continuación, se presentan las pruebas VIF para los modelos de diésel y gasolina para municipios con menos de 100,000 habitantes, de las cuales se pueden concluir con suficiente evidencia estadística (95% de confianza) que los modelos presentados no sufren de multicolinealidad ( $VIF < 10$ ). Dado que

el cálculo para los municipios con una población mayor a 100,000 (tanto diésel como gasolina corriente) se encuentran únicamente en función de la población, no es necesario estimar un factor de inflación (VIF)

**Cuadro A4.2 -Factor de inflación de varianza (VIF)**

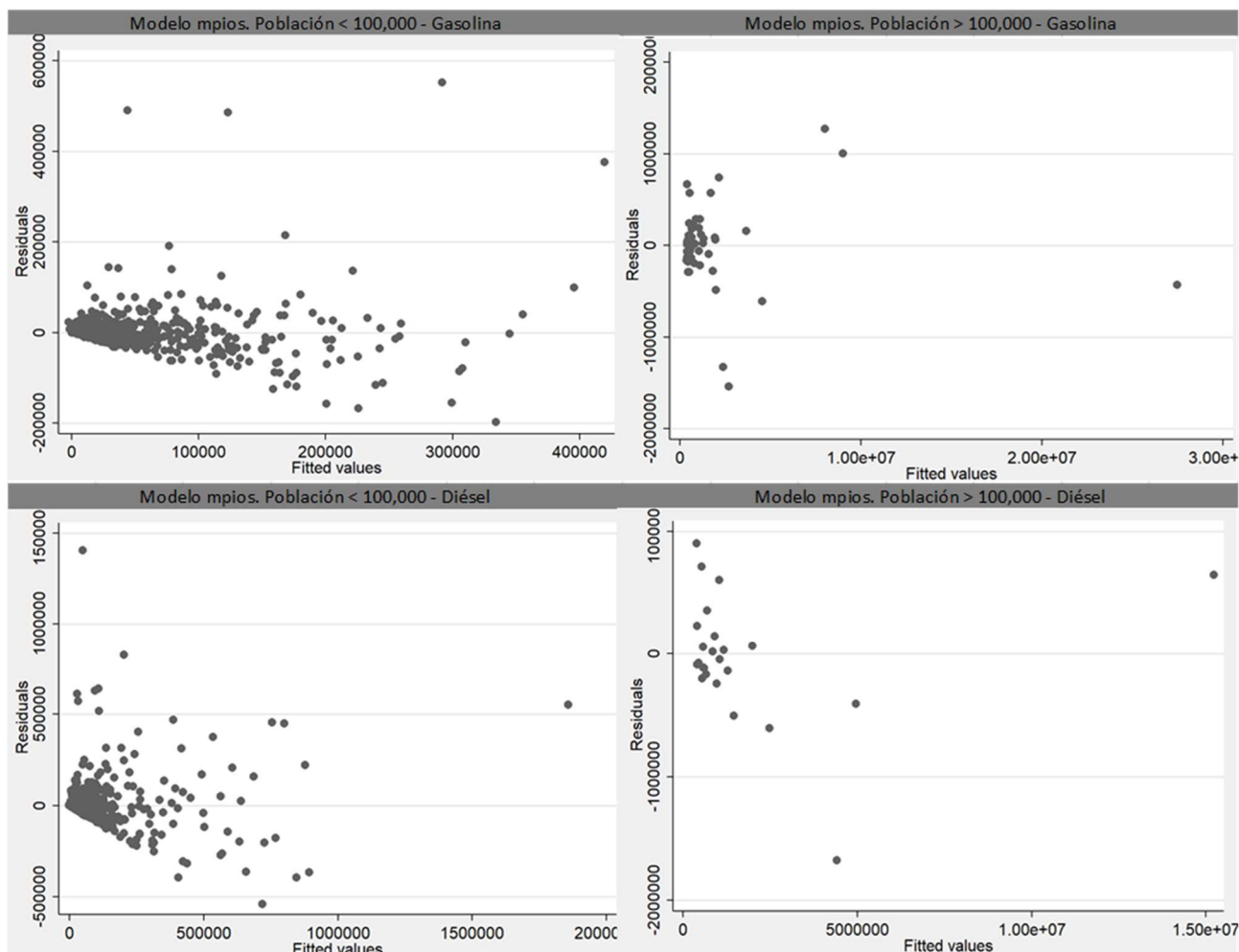
DIÉSEL			GASOLINA CORRIENTE		
Variable	VIF	1/VIF	Variable	VIF	1/VIF
Comp_part_g	9.18	0.108932	Comp_part_g	7.43	0.134625
Comp_publ_g	9.18	0.108932	Comp_publ_g	7.02	0.142512
Carga_mov	1.59	0.628931	VA_Secunda~s	1.39	0.721501
VA_Secunda~s	1.4	0.714286	Carga_mov	1.21	0.825853
Mat_constr	1.3	0.769231			
Caña_azuc	1.25	0.8			

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

### A4.3 HOMOCEASTICIDAD DEL ERROR IDIOSINCRÁTICO

El tercer supuesto fundamental indica que la varianza del término del error debe ser constante para todas las observaciones. En este caso, una prueba de Residuos vs. Valores Predichos permite evidenciar si existe algún patrón entre dichas variables. Se espera que no existan patrones claros en la distribución, pues de lo contrario se concluye que existe heterocedasticidad del modelo. A continuación, se presentan los valores observados de la prueba RvF.

**Figura A4.3 – Prueba RvF (Residos versus predichos)**



Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

Al observar el comportamiento de los residuos esta muestra alta concentración de valores alrededor del cero, aunque la distancia no es homogénea, ella aumenta cuando el consumo del combustible líquido es mayor para algunos municipios para el caso de los modelos con población menor a 100,000 habitantes. Los modelos de población mayor a 100,000 habitantes no presentan un patrón claro en su distribución. Con base en la información analizada se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad en el error, en particular en los modelos de municipios pequeños, tanto diésel como gasolina. A pesar de la existencia de heterocedasticidad en el modelo se sabe que, aunque exista heterocedasticidad en un modelo de regresión multivariado, cuando el número de observaciones utilizadas se aproxima al total de la población, no existe sesgo en la estimación de los coeficientes. Sin embargo, ello no implica que el modelo no presente distorsiones menores, haciendo que este no posea todas las propiedades de un estimador MELI (Mejores Estimadores Lineales e Insesgados).

En síntesis, se concluye que los modelos presentan heterocedasticidad, que no implica el sesgo de los coeficientes, pero sí reconoce que el modelo se aleja del escenario parsimonioso o ideal. En el desarrollo de los modelos se reconoce e internaliza la heterocedasticidad, por lo que se propone un método de estimación que compense por la menor capacidad predictiva del modelo para la totalidad de la población. A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de robustez y validación de supuestos se concluye que los modelos presentados muestran propiedades estadísticas globales ideales, que permiten realizar conclusiones consistentes e insesgadas con una confianza estadística del 95%. Los modelos presentados muestran una buena bondad de ajuste, aunque se esperan distorsiones menores por la presencia de la heterocedasticidad.

## ANEXO 5 – SOFTWARE PARA LA ASIGNACIÓN DEL VOLUMEN MÁXIMO MUNICIPAL ENTRE LAS ESTACIONES DE SERVICIO

---

En este anexo se presenta el código fuente de la aplicación, la cual fue desarrollada en R-4.0.5. La explicación de cada rutina se encuentra en el Anexo 5. Manual del sistema. La aplicación utiliza dos archivos de R: AsignacionVolumen.R y Funciones.R los cuales se describen a continuación:

**AsignacionVolumen.R:** Este programa se encarga de recibir los parámetros de número de meses, fecha de corte y directorio de trabajo que se envían desde el archivo de Excel que ejecuta la aplicación, adicionalmente, carga el archivo Funciones.R que se encarga de llamar a las rutinas en el orden lógico requerido para realizar el cálculo.

```
#Inicilización de la variable JAVA_HOME
if (Sys.getenv("JAVA_HOME")!= "") Sys.setenv(JAVA_HOME="")

#Carga de librerías
library(dplyr)#Manipulación de dataframes
library(plyr)#Manipulación de dataframes para hacer agregaciones

#Lee los parámetros que se envían desde excel: PMeses, PFecha y ruta del directorio de trabajo
args <- commandArgs(trailingOnly = TRUE)

#Parámetro de entrada que indica el número de meses sobre para calcular el promedio de compra
PMeses = as.numeric(args[1])

#Parámetro de entrada que indica la fecha de corte a la que pertenece el ejercicio de redistribución
PFecha = as.Date(args[2], format="%m/%d/%Y")

#Identificación del archivo de trabajo
dirTrabajo = paste0(args[3],"/")

setwd(dirTrabajo)

source("Funciones.R")

#Carga de archivos de trabajo
LecturaArchivos(dirTrabajo)
T1 <- FT1() #Lista de estaciones
T2 <- FT2() #Compras mensuales por estación
T3 <- FT3() #Capacidad de almacenamiento por estación
T4 <- FT4() #Lista de regiones
T5 <- FT5() #Tabla con días de rotación de inventario
T6 <- FT6() #Tabla con la máxima rotacion por municipio
T7 <- FT7() #Tabla con el volumen asignado por municipio

#1. Generar tablas con las estaciones en municipios de frontera
EA <- EstacionesAntiguas(T1,T6) #Estaciones antiguas

#2. Calcula el consumo promedio de acuerdo con el número de meses que apliquen según la fecha de entrada en operación de la
estación.
CP <- ConsumoPromedioA(EA, T2, PMeses, PFecha)

#3. Cruce de estaciones con la tabla de capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
#3. Si hay alguna estación que no cruce con la tabla de capacidad máxima, se realiza la siguiente imputación
#3. (Valor promedio de compra de la estación * días de rotacion asignados)/30
CM <- CapacidadTanqueA(CP, T3, T4, T5, T7)

#4. Cálculo de la capacidad operativa de almacenamiento
#4. Fórmula: (Promedio de compra por estación/30)* días de rotacion
CO <- CapacidadOperativaA(CM)

#5. Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible para estaciones nuevas
#5. Fórmula: Mínimo(Capacidad Tanque, Capacidad Operativa) * 0.2 + (0.8 * Compras promedio)
BVA <- BaseVolumetricaA(CO)

#6. Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible para estaciones antiguas
#6.1 Identificar si hay estaciones nuevas
EN <- EstacionesNuevas(T1,T6) #Estaciones nuevas

if(nrow(EN) > 0){
  #6.2 Imputación de 0 a las variables utilizadas para calcular el consumo promedio
  CPN <- ConsumoPromedioN(EN, T2, PMeses, PFecha)
```

```
#6.3 Cruce de estaciones con la tabla de capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
CMN <- CapacidadTanqueN(CPN, T3, T4, T5, T7)

#6.3 Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible de acuerdo con las siguientes variables
#6.3 V1 = Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estaciones antiguas)
#6.3 V2 = Min(Compras promedio)
#6.3 BaseVolumetrica <- (V1 * 0.2) + (0.8 * V2)
BVA <- BaseVolumetricaN(CMN, BVA)
}

#7. Cálculo de la primera aproximación del volumen de combustible asignado a cada estación
#7. Fórmula: Volumen asignado al municipio * (Base volumétrica de la estación / Suma base volumétrica del municipio)
AVA <- AproxVolumenAsignado(BVA)

#8. Cálculo del límite máximo y redistribución de saldos en estaciones antiguas
VFA <- IteracionValorAsignado(AVA)

#9. Generar el directorio con los archivos de entrada y la tabla de resultados
Mensaje <- CrearDirectorio(VFA,dirTrabajo)
print(Mensaje)
```

**Funciones.R:** Este programa contiene la programación de las rutinas utilizadas en el cálculo de la asignación de volúmenes. La explicación de cada rutina se encuentra en el Anexo 5. Manual del sistema.

```
if (Sys.getenv("JAVA_HOME")!= "") Sys.setenv(JAVA_HOME="")
library(readxl)#Manipulación de archivos de Excel
library(lubridate)#Manipulación de fechas
library("writexl")#Exporta archivos de R a Excel

#Funciones de uso general para el cálculo de volúmenes asignados en zonas de frontera.

LecturaArchivos <- function(dirTrabajo){
  RutaTabla1 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T1_ListaEstaciones.xlsx")
  RutaTabla2 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T2_ComprasMensuales.xlsx")
  RutaTabla3 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T3_CapacidadAlmacenamiento.xlsx")
  RutaTabla4 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T4_Regiones.xlsx")
  RutaTabla5 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T5_TablaRotacion.xlsx")
  RutaTabla6 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T6_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx")
  RutaTabla7 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T7_MunicipiosVolumenAsignado.xlsx")
}

FT1 <- function(){
  T1 <-read_excel(RutaTabla1)
  T1 <- as.data.frame(T1)
  T1$MesAñoInicioOperacion <- as.Date(T1$MesAñoInicioOperacion)
  T1$CodMunicipio <- as.numeric(T1$CodMunicipio)
  T1$SICOM <- as.numeric(T1$SICOM)
  attach(T1)
  #str(T2)
  message("T1. Lista de estaciones cargada con éxito")
  T1
}

FT2 <- function(){
  T2 <-read_excel(RutaTabla2)
  T2 <- as.data.frame(T2)
  T2$SICOM <- as.numeric(T2$SICOM)
  T2$MesAñoCompra <- as.Date(T2$MesAñoCompra)
  T2$ComprasDiesel <- as.numeric(T2$ComprasDiesel)
  T2$ComprasCorriente <- as.numeric(T2$ComprasCorriente)
  attach(T2)
  #str(T2)
  message("T2. Archivo de compras mensuales cargado con éxito")
  T2
}

FT3 <- function(){
  T3 <-read_excel(RutaTabla3)
  T3 <- as.data.frame(T3)
  T3$SICOM <- as.numeric(T3$SICOM)
  T3$CapacidadAlmacenamientoDiesel <- as.numeric(T3$CapacidadAlmacenamientoDiesel)
  T3$CapacidadAlmacenamientoCorriente <- as.numeric(T3$CapacidadAlmacenamientoCorriente)
```



```
attach(T3)
#str(T3)
message("T3. Archivo de capacidad de almacenamiento por estación cargado con éxito")
T3
}

FT4 <- function(){
  T4 <-read_excel(RutaTabla4)
  T4<- as.data.frame(T4)
  T4$CodRegion <- as.numeric(T4$CodRegion)
  attach(T4)
  #str(T4)
  message("T4. Lista de regiones cargada con éxito")
  T4
}

FT5 <- function(){
  T5 <-read_excel(RutaTabla5)
  T5 <- as.data.frame(T5)
  T5$CodClasificacionRotacion <- as.numeric(T5$CodClasificacionRotacion)
  T5$DiasRotacion <- as.numeric(T5$DiasRotacion)
  attach(T5)
  #str(T5)
  message("T5. Tabla con días de rotación de inventario cargada con éxito")
  T5
}

FT6 <- function(){
  T6 <-read_excel(RutaTabla6)
  T6 <- as.data.frame(T6)
  T6$CodMunicipioFronteras <- as.numeric(T6$CodMunicipioFronteras)
  T6$CodRegion <- as.numeric(T6$CodRegion)
  T6$CodClasificacionRotacion <- as.numeric(T6$CodClasificacionRotacion)
  T6$MaxAsignacionMpioDiesel <- as.numeric(T6$MaxAsignacionMpioDiesel)
  T6$MaxAsignacionMpioCorriente <- as.numeric(T6$MaxAsignacionMpioCorriente)
  attach(T6)
  #str(T6)
  message("T6. Tabla con la máxima rotación por municipio cargada con éxito")
  T6
}

FT7 <- function(){
  T7 <-read_excel(RutaTabla7)
  T7 <- as.data.frame(T7)
  T7$CodMunicipioFronteras <- as.numeric(T7$CodMunicipioFronteras)
  T7$VolumenAsignadoMpioCorriente <- as.numeric(T7$VolumenAsignadoMpioCorriente)
  T7$VolumenAsignadoMpioDiesel <- as.numeric(T7$VolumenAsignadoMpioDiesel)
  attach(T7)
  #str(T7)
  message("T7. Tabla de volúmenes asignados por municipio cargada con éxito")
  T7
}

EstacionesAntiguas <- function(T1x,T6x){
  #Genera tabla con las estaciones antiguas que pertenecen a municipios de frontera
  T1x <- rename(T1x, c("CodMunicipio" = "CodMunicipioFronteras"))
  T1a <- subset(T1x, T1x$EstacionNueva == "No")
  T1b <- merge(x = T6x, y = T1a, by=c("CodMunicipioFronteras"))
  message("Tabla de estaciones antiguas generada exitosamente")
  T1b
}

EstacionesNuevas <- function(T1x,T6x){
  #Genera tabla con las estaciones nuevas que pertenecen a municipios de frontera
  T1x <- rename(T1x, c("CodMunicipio" = "CodMunicipioFronteras"))
  T1a <- subset(T1x, T1x$EstacionNueva == "Si")
  T1b <- merge(x = T6x, y = T1a, by=c("CodMunicipioFronteras"))
  message("Tabla de estaciones nuevas generada exitosamente")
  T1b
}

ConsumoPromedioA <- function(EA, T2, PMeses, PFecha){
  #Calcula el consumo promedio de acuerdo con el número de meses que apliquen según la fecha de entrada en operación de la
  estación.
  #1. Cruza la tabla de estaciones antiguas con la tabla de consumos mensuales
  T2 <- merge(x = EA, y = T2, by=c("SICOM"))
  #2. Genera un arreglo con las fechas a utilizar para calcular el promedio de compras de acuerdo con los parámetros PMeses
  y PFecha
```

```
FechaCompra <- as.data.frame(distinct(T2["MesAñoCompra"]))
arrange(FechaCompra , desc(MesAñoCompra))
FechaCompra <- subset(FechaCompra, FechaCompra$MesAñoCompra < PFecha)
Filas <- nrow(FechaCompra)
if (PMeses <= Filas) {Filas = PMeses}
FechaCompra <- FechaCompra[1:Filas, ]
FechaCompra <- as.data.frame(FechaCompra)
FechaCompra <- rename(FechaCompra , c("FechaCompra" = "MesAñoCompra"))
FechaCompra$MesAñoCompra <- as.Date(FechaCompra$MesAñoCompra)

#3. Cruce de la tabla de consumo con el arreglo de fechas para eliminar los registros que no se deben incluir en el promedio
T2 <- merge(x = FechaCompra, y = T2, by=c("MesAñoCompra"), all.x=TRUE)

#4. Cálculo del número de meses en operación
T2a <- cbind(T2, PFecha)
T2b <- mutate(T2a, MesesOperando = round((T2a$PFecha - T2a$MesAñoInicioOperacion)/30))

#5. Selección de las estaciones que llevan operando al menos 1 mes antes de la fecha indicada en el parámetro PFecha
T2b$MesesOperando = as.numeric(T2b$MesesOperando)
T2c <- subset(T2b, T2b$MesesOperando > 0)

#6. Cálculo del número de meses que se deben tener en cuenta para calcular el promedio
T2c <- mutate(T2c, MesPromedio = case_when(
  MesesOperando > PMeses ~ PMeses,
  MesesOperando <= PMeses ~ MesesOperando))

#7. Cálculo del promedio de compra mensual de las estaciones antiguas según los meses de operación y para el periodo indicado en el parámetro PMES
T2d <- distinct(select(T2c, SICOM, EstacionNueva, CodMunicipioFronteras, Departamento, Municipio,
CodRegion, CodClasificacionRotacion, MaxAsignacionMpioDiesel, MaxAsignacionMpioCorriente, MesAñoInicioOperacion,
MesesOperando, MesPromedio))
T2e <- select(T2b, SICOM, ComprasDiesel, ComprasCorriente)
T2f <- ddply(T2e, "SICOM", colwise(sum))
T2g <- merge(x = T2f, y = T2d, by=c("SICOM"), all.x=TRUE)
T2h <- mutate(T2g, promgal_diesel_comprados = round(T2g$ComprasDiesel/T2g$MesPromedio))
T2h <- mutate(T2h, promgal_gasolinacorriente_comprados = round(T2h$ComprasCorriente/T2h$MesPromedio))
message("Tabla con el consumo promedio por estaciones generada exitosamente")
T2h
}

ConsumoPromedioN <- function(EA, T2, PMeses, PFecha){
  #Asigna 0 a las variables que no se requieren para las estaciones nuevas
  EA <- mutate(EA, MesesOperando = 0, MesPromedio = 0, ComprasCorriente = 0, ComprasDiesel = 0)
  EA
}

CapacidadTanqueA <- function(CP, T3, T4, T5, T7){
  #Cruce de estaciones con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
  #Si hay alguna estación que no cruce con la tabla de capacidad máxima, se realiza una imputación

  #1. Cruce de las estaciones con su capacidad máxima de almacenamiento, días de rotación, región geográfica y volumen asignado al municipio
  CP <- merge(x = CP, y = T3, by=c("SICOM"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T4, by=c("CodRegion"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T5, by=c("CodClasificacionRotacion"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T7, by=c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)

  #2. Para las estaciones que no crucen con la capacidad máxima de almacenamiento, se asigna el siguiente valor
  #2 (Valor promedio de compra de la estación * días de rotacion asignados)/30
  CP <- mutate(CP, CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada = case_when(
    is.na(CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel) ~ (CP$promgal_diesel_comprados * CP$DiasRotacion)/30,
    CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel >= 0 ~ CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel))

  CP <- mutate(CP, CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada = case_when(
    is.na(CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente) ~ (CP$promgal_gasolinacorriente_comprados * CP$DiasRotacion)/30,
    CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente >= 0 ~ CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente))
  message("Tabla por estaciones con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque generada exitosamente")
  CP
}

CapacidadTanqueN <- function(CPN, T3, T4, T5, T7){
  #Cruce de estaciones nuevas con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
  #Si hay alguna estación que no cruce con la tabla de capacidad máxima, se asigna 0

  #1. Cruce de las estaciones con su capacidad máxima de almacenamiento, días de rotación, región geográfica y volumen asignado al municipio
  CPN <- merge(x = CPN, y = T3, by=c("SICOM"), all.x=TRUE)
}
```

```
CPN <- merge(x = CPN,y = T4,by=c("CodRegion"),all.x=TRUE)
CPN <- merge(x = CPN,y = T5,by=c("CodClasificacionRotacion"),all.x=TRUE)
CPN <- merge(x = CPN,y = T7,by=c("CodMunicipioFronteras"),all.x=TRUE)

#2. Para las estaciones que no crucen con la capacidad máxima de almacenamiento, se asigna el siguiente valor
#2 (Valor promedio de compra de la estación * dias de rotacion asignados)/30
CPN <- mutate(CPN, CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada = case_when(
  is.na(CPN$CapacidadAlmacenamientoDiesel) ~ 0,
  CPN$CapacidadAlmacenamientoDiesel >= 0 ~ CPN$CapacidadAlmacenamientoDiesel))

CPN <- mutate(CPN, CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada = case_when(
  is.na(CPN$CapacidadAlmacenamientoCorriente) ~ 0,
  CPN$CapacidadAlmacenamientoCorriente >= 0 ~ CPN$CapacidadAlmacenamientoCorriente))
message("Tabla por estaciones con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque generada exitosamente")
CPN
}

CapacidadOperativaA <- function(CO){
#Cálculo de la capacidad operativa de almacenamiento
#Fórmula: (Promedio de compra por estación/30)* dias de rotacion
CO <- mutate(CO,
  capacidad_OP_almacenamiento_diesel = round((CO$promgal_diesel_comprados/30)* CO$DiasRotacion),
  capacidad_OP_almacenamiento_corriente = round((CO$promgal_gasolinacorriente_comprados/30)* CO$DiasRotacion))
message("El cálculo de la capacidad operativa por estación se ha realizado exitosamente")
CO
}

BaseVolumetricaA <- function(BVA){
#Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible
#Fórmula: Mínimo(Capacidad Tanque, Capacidad Operativa) * 0.2 + (0.8 * Compras promedio)
#1. Cálculo del valor mínimo entre la Capacidad del tanque y la Capacidad Operativa por tipo de combustible
BVA <- mutate(BVA,
  MinBaseVolumetricaDiesel =
  ifelse(BVA$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada >=
  BVA$capacidad_OP_almacenamiento_diesel,BVA$capacidad_OP_almacenamiento_diesel,BVA$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada)
  ,
  MinBaseVolumetricaCorriente =
  ifelse(BVA$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada >=
  BVA$capacidad_OP_almacenamiento_corriente,BVA$capacidad_OP_almacenamiento_corriente,BVA$CapacidadAlmacenamientoCorriente_
  ajustada))

#2. Cálculo la base volumétrica para asignación
BVA <- mutate(BVA,
  baseVolumetricaAsignacionDiesel = (MinBaseVolumetricaDiesel * 0.2) + (promgal_diesel_comprados * 0.8),
  baseVolumetricaAsignacionCorriente = (MinBaseVolumetricaCorriente * 0.2) + (promgal_gasolinacorriente_comprados *
  0.8))

message("El cálculo de la base volumétrica para asignación para estaciones antiguas se ha realizado exitosamente")
BVA
}

BaseVolumetricaN <- function(BVN, VFA){
#Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible de acuerdo con las siguientes variables
#V1 = Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estaciones antiguas)
#V2 = Min(Compras promedio)
#BaseVolumetrica = (V1 * 0.2) + (0.8 * V2)

#1. Genera la base de estaciones antiguas que pertenecen a municipios con estaciones nuevas
ListaMpios <- as.data.frame(distinct(BVN["CodMunicipioFronteras"]))
EAN <- merge(x = ListaMpios, y = VFA, by = c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)
EAN <- select(EAN,"CodMunicipioFronteras",
  "CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada",
  "CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada",
  "capacidad_OP_almacenamiento_diesel",
  "capacidad_OP_almacenamiento_corriente",
  "promgal_diesel_comprados",
  "promgal_gasolinacorriente_comprados")

#2. En los municipios con estaciones nuevas, identifica el mínimo valor de las variables requeridas para calcular la base
volumétrica
#2. Los mínimos se calculan sólo con la información de las estaciones antiguas
Minimos <- aggregate(cbind(
  MinAlmDiesel_Antigua = CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada,
  MinAlmCorriente_Antigua = CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada,
  capacidad_OP_almacenamiento_diesel,
  capacidad_OP_almacenamiento_corriente,
  promgal_diesel_comprados,
  promgal_gasolinacorriente_comprados
```

```
) ~ CodMunicipioFronteras, FUN = min, data = EAN)

#3. Cruce de los valores mínimos por municipio con la base de estaciones nuevas
BVN <- merge(x = BVN, y = Minimos , by = c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)

#4. Cálculo de la base volumétrica para asignación de las estaciones nuevas
#V1 = Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estaciones antiguas)
#V2 = Min(Compras promedio)
#Fórmula: BaseVolumetrica <- (V1 * 0.2) + (0.8 * V2)

#4.1 Cálculo de la variable V1.Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de
estaciones antiguas)
BVN <- mutate(BVN, MinBaseVolumetricaDiesel =
ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada <= BVN$MinAlmDiesel_Antigua,
ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel,
BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada, BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel),
ifelse(BVN$MinAlmDiesel_Antigua <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel, BVN$MinAlmDiesel_Antigua,
BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel)))

BVN <- mutate(BVN, MinBaseVolumetricaCorriente =
ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada <= BVN$MinAlmCorriente_Antigua,
ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente,
BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada, BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente),
ifelse(BVN$MinAlmCorriente_Antigua <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente, BVN$MinAlmCorriente_Antigua,
BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente)))

#4.2 Cálculo de la base volumétrica para las estaciones nuevas
BVN <- mutate(BVN,
baseVolumetricaAsignacionDiesel = (MinBaseVolumetricaDiesel * 0.2) + (promgal_diesel_comprados * 0.8),
baseVolumetricaAsignacionCorriente = (MinBaseVolumetricaCorriente * 0.2) + (promgal_gasolinacorriente_comprados *
0.8))

message("El cálculo de la base volumétrica para asignación en las estaciones nuevas se ha realizado exitosamente")

BVN <- select(BVN, -CodMunicipioFronteras.1, -MinAlmDiesel_Antigua, -MinAlmCorriente_Antigua)
BVU <- rbind(BVN,VFA)
}

AproxVolumenAsignado <- funcion(AVA_x){
#Cálculo de la primera aproximación del volumen de combustible asignado a cada estación
#Fórmula: Volumen asignado al municipio * (Base volumétrica de la estación / Suma base volumétrica del municipio)

#1. Genera grupos de municipios por áreas metropolitanas para calcular una base volumétrica global
#1. Esto se hace para el área de Norte de Santander
AVA <- AreasMetropolitanas(AVA_x)

#2. Suma de la base volumétrica asignada por municipio, se utilizará como denominador para el cálculo del % de
distribución por municipio
SBV <- select(AVA, CodMunicipioFronteras, baseVolumetricaAsignacionDiesel, baseVolumetricaAsignacionCorriente)
SBV <- aggregate(cbind(baseVolumetricaAsignacionDiesel, baseVolumetricaAsignacionCorriente) ~ CodMunicipioFronteras, FUN
= sum, data = AVA)
SBV <- rename(SBV, c("baseVolumetricaAsignacionDiesel" = "SumaBaseVolumetricaDiesel", "baseVolumetricaAsignacionCorriente"
= "SumaBaseVolumetricaCorriente"))

#3. Cálculo del porcentaje de participación en la base volumétrica del municipio
PBV <- merge(x = AVA, y = SBV, by=c("CodMunicipioFronteras"),all.x=TRUE)

PBV <- mutate(PBV,
PartBaseVolumMpioDiesel = PBV$baseVolumetricaAsignacionDiesel/PBV$SumaBaseVolumetricaDiesel,
PartBaseVolumMpioCte = PBV$baseVolumetricaAsignacionCorriente/PBV$SumaBaseVolumetricaCorriente)

#4. Iguala a 0 las participaciones de las estaciones en donde la suma volumétrica del municipio es igual a 0
PBV$PartBaseVolumMpioDiesel <- replace(PBV$PartBaseVolumMpioDiesel, PBV$SumaBaseVolumetricaDiesel==0, 0)
PBV$PartBaseVolumMpioCte <- replace(PBV$PartBaseVolumMpioCte, PBV$SumaBaseVolumetricaCorriente==0, 0)

#5. Cálculo de la primera aproximación del valor asignado
#5. Fórmula: Valor asignado al municipio * porcentaje de participación volumetrica
PBV <- mutate(PBV,
AproxVarAsignadoDiesel = round(PBV$VolumenAsignadoMpioDiesel * PBV$PartBaseVolumMpioDiesel),
AproxVarAsignadoCorriente = round(PBV$VolumenAsignadoMpioCorriente * PBV$PartBaseVolumMpioCte))

#6. Se crea una variable espejo para almacenar el valor asignado, sobre esta variable se harán los ajustes cuando una
estación super el límite máximo
PBV <- mutate(PBV, ValorAsignadoDiesel = PBV$AproxVarAsignadoDiesel, ValorAsignadoCorriente =
PBV$AproxVarAsignadoCorriente)

message("El cálculo de la primera aproximación de volumen asignado por estación se ha realizado exitosamente")
PBV
```

}

```
IteracionValorAsignado <- function(VFA){  
#Comparación del primer valor asignado contra el límite máximo del municipio y redistribución de saldos  
  
#1. Asigna el límite máximo del municipio a las estaciones que superan el límite y cuya participación es del 100%  
index <- (VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel == 1) |  
(VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel & VFA$EstacionNueva == "Si")  
VFA$ValorAsignadoDiesel[index] <- VFA$MaxAsignacionMpioDiesel[index]  
  
index <- (VFA$SobranteCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente & VFA$PartBaseVolumMpioCte == 1) |  
(VFA$SobranteCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente & VFA$EstacionNueva == "Si")  
VFA$ValorAsignadoCorriente[index] <- VFA$MaxAsignacionMpioCorriente[index]  
  
#1. Cálculo de saldos o sobrantes por estación  
VFA <- mutate(VFA, SobranteDiesel = ifelse(VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel &  
VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1,  
  VFA$ValorAsignadoDiesel - VFA$MaxAsignacionMpioDiesel, 0))  
VFA <- mutate(VFA, SobranteCorriente = ifelse(VFA$ValorAsignadoCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente &  
VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1,  
  VFA$ValorAsignadoCorriente - VFA$MaxAsignacionMpioCorriente, 0))  
  
#2. Iteración para distribuir volúmenes que superen el máximo el municipio  
index = VFA$SobranteCorriente > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioCte < 1  
SumaSobranteCorriente <- sum(VFA$SobranteCorriente[index],na.rm=TRUE)  
index = VFA$SobranteDiesel > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1  
SumaSobranteDiesel <- sum(VFA$SobranteDiesel[index],na.rm=TRUE)  
  
while(SumaSobranteCorriente > 0){  
  if(SumaSobranteCorriente==0)  
    {break}  
  else{  
    VFA <- limiteSupCorriente(VFA)  
    index = VFA$SobranteCorriente > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioCte < 1  
    SumaSobranteCorriente <- sum(VFA$SobranteCorriente[index],na.rm=TRUE)  
  }  
}  
  
SumaSobranteDiesel = sum(VFA$SobranteDiesel,na.rm=TRUE)  
while(SumaSobranteDiesel > 0){  
  if(SumaSobranteDiesel==0)  
    {break}  
  else{  
    VFA <- limiteSupDiesel(VFA)  
    index = VFA$SobranteDiesel > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1  
    SumaSobranteDiesel <- sum(VFA$SobranteDiesel[index],na.rm=TRUE)  
  }  
}  
  
#3. Recupera los códigos de municipio originales que se agruparon en áreas metropolitanas para hacer la asignación  
#VFA$CodMunicipioFronteras <- VFA$CopiaCodMpio  
  
message("El cálculo de valor asignado ha sido calculado con éxito")  
VFA  
}
```

```
limiteSupCorriente <- function(LSC){  
#Devuelve la suma sobranteCorriente  
#revisa identifica las estaciones cuyo valor asignado es mayor al máximo del municipio  
#y redistribuye el saldo de manera proporcional en el resto de estaciones del municipio  
  
#1. Genera una tabla con las estaciones que superan el límite máximo entre el valor asignado y el máximo para el  
municipio  
LimiteSCorriente = subset(LSC, LSC$SobranteCorriente > 0 & LSC$PartBaseVolumMpioCte < 1, select=c(CodMunicipioFronteras,  
SICOM, ValorAsignadoCorriente,  
PartBaseVolumMpioCte, SobranteCorriente))  
  
#2. Genera una tabla con la suma de los sobrantes y los porcentajes de distribución por municipio para Diesel  
SobrantePorcCorriente = aggregate(cbind(SobranteCorriente, PartBaseVolumMpioCte) ~ CodMunicipioFronteras, FUN = sum, data  
= LimiteSCorriente)  
  
#3. Calcula el porcentaje que se debe utilizar en la redistribución  
#Fórmula: 1 - Suma(% participación de estaciones con sobrantes)  
SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte = replace(SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte,  
SobrantePorcCorriente$SobranteCorriente > 0, (1-SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte))
```

```
#3. Asigna el sobrante de manera proporcional sólo a las estaciones antiguas cuyo valor asignado es menor al límite municipal
for (i in 1:nrow(SobrantePorcCorriente)) {
  Mpio = SobrantePorcCorriente$CodMunicipioFronteras[i]
  Sobrante = SobrantePorcCorriente$SobranteCorriente[i]
  BasePorcNormal = SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte[i]
  index = LSC$CodMunicipioFronteras == Mpio & LSC$SobranteCorriente==0 & LSC$ValorAsignadoCorriente <
LSC$MaxAsignacionMpioCorriente & LSC$EstacionNueva == "No"
  LSC$ValorAsignadoCorriente[index] = LSC$ValorAsignadoCorriente[index] + (Sobrante *
(LSC$PartBaseVolumMpioCte[index]/BasePorcNormal))
}

#4. Reemplaza el valor asignado de las estaciones que entraron a la iteración con el valor máximo asignado al municipio
LSC$SobranteCorriente = replace(LSC$SobranteCorriente , is.na(LSC$SobranteCorriente ),0)
index = LSC$SobranteCorriente > 0
LSC$ValorAsignadoCorriente[index] = LSC$MaxAsignacionMpioCorriente[index]

#5. Vuelve a calcular los restantes
LSC$ValorAsignadoCorriente = replace(LSC$ValorAsignadoCorriente , is.na(LSC$ValorAsignadoCorriente),0)

LSC$SobranteCorriente = 0
index = LSC$ValorAsignadoCorriente > LSC$MaxAsignacionMpioCorriente
LSC$SobranteCorriente[index] = LSC$ValorAsignadoCorriente[index]-LSC$MaxAsignacionMpioCorriente[index]

#Devuelve el objeto con la redistribucion
LSC
}

limiteSupDiesel <- funcion(LSD){
#Devuelve la suma sobranteDiesel
#revisa identifica las estaciones cuyo valor asignado es mayor al máximo del municipio
#y redistribuye el saldo de manera proporcional en el resto de estaciones del municipio

#1. Genera un dataframe con las estaciones que superan el límite máximo
LimiteSDiesel = subset(LSD, LSD$SobranteDiesel >0 & LSD$PartBaseVolumMpioDiesel < 1, select=c(CodMunicipioFronteras,
SICOM, ValorAsignadoDiesel,
PartBaseVolumMpioDiesel, SobranteDiesel))

#2. Genera un dataframe con la suma de las diferencias y porcentajes de distribución por municipio para Diesel
SobrantePorcDiesel = aggregate(cbind(SobranteDiesel, PartBaseVolumMpioDiesel) ~ CodMunicipioFronteras, FUN = sum, data =
LimiteSDiesel)
SobrantePorcDiesel$PartBaseVolumMpioDiesel = replace(SobrantePorcDiesel$PartBaseVolumMpioDiesel,
SobrantePorcDiesel$SobranteDiesel > 0, (1-SobrantePorcDiesel$PartBaseVolumMpioDiesel))

#3. Recorrer el dataframe para las estaciones de los municipios con excedente y asignarles el sobrante de manera
proporcional
for (i in 1:nrow(SobrantePorcDiesel)) {
  Mpio = SobrantePorcDiesel$CodMunicipioFronteras[i]
  Sobrante = SobrantePorcDiesel$SobranteDiesel [i]
  BasePorcNormal = SobrantePorcDiesel$PartBaseVolumMpioDiesel[i]
  index = LSD$CodMunicipioFronteras == Mpio & LSD$SobranteDiesel ==0 & LSD$ValorAsignadoDiesel <
LSD$MaxAsignacionMpioDiesel & LSD$EstacionNueva == "No"
  LSD$ValorAsignadoDiesel[index] = LSD$ValorAsignadoDiesel[index] + (Sobrante *
(LSD$PartBaseVolumMpioDiesel[index]/BasePorcNormal))
}

#Reemplaza el valor asignado de las estaciones que entraron a la iteración con el valor máximo asignado al municipio
LSD$SobranteDiesel = replace(LSD$SobranteDiesel, is.na(LSD$SobranteDiesel),0)
index = LSD$SobranteDiesel > 0
LSD$ValorAsignadoDiesel[index] = LSD$MaxAsignacionMpioDiesel[index]

#Vuelve a calcular los restantes
LSD$ValorAsignadoDiesel = replace(LSD$ValorAsignadoDiesel , is.na(LSD$ValorAsignadoDiesel ),0)

LSD$SobranteDiesel = 0
index = LSD$ValorAsignadoDiesel > LSD$MaxAsignacionMpioDiesel
LSD$SobranteDiesel[index] = LSD$ValorAsignadoDiesel[index]-LSD$MaxAsignacionMpioDiesel[index]

#Devuelve el objeto con la redistribucion
LSD
}

AreasMetropolitanas <- funcion(AVA){
#Se toman 6 municipios del área metropolitana de Norte Santander y se dejan con un mismo código

#1. Genera un copia de la variable CodMunicipioFronteras
AVA <- mutate(AVA, CopiaCodMpio = as.numeric(AVA$CodMunicipioFronteras))
```

```
#2. Reemplaza los códigos de municipio requeridos por un mismo código
AVA$CodMunicipioFrontera <- replace(AVA$CodMunicipioFrontera, (AVA$CopiaCodMpio == 54261 |
  AVA$CopiaCodMpio == 54405 |
  AVA$CopiaCodMpio == 54553 |
  AVA$CopiaCodMpio == 54673 |
  AVA$CopiaCodMpio == 54874), 54001)

AVA
}

CrearDirectorio <- function(VFA,dirTrabajo){
#Crea el directorio con los archivos de entrada utilizados para el cálculo y la tabla con los valores asignados.

#1. Captura fecha y hora del sistema
fh <- ymd_hms(Sys.time())
mes = as.character(ifelse(nchar(month(fh))>1,month(fh),paste0("0",month(fh))))
dia = as.character(ifelse(nchar(day(fh))>1,day(fh),paste0("0",day(fh))))
hor = as.character(ifelse(nchar(hour(fh))>1,hour(fh),paste0("0",hour(fh))))
min = as.character(ifelse(nchar(minute(fh))>1,minute(fh),paste0("0",minute(fh))))
seg = as.character(ifelse(nchar(second(fh))>1,second(fh),paste0("0",second(fh))))

#2. Crea el directorio para guardar los archivos utilizados y la tabla de resultados
nombre_directorio <- paste0(dirTrabajo, "Resultados/Resul_", year(fh), mes, dia, "_",hor, min, seg)
dir.create(nombre_directorio)
dir.create(paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada"))

#3. Copia los archivos utilizadas para el cálculo

CRutaTabla1 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T1_ListaEstaciones.xlsx")
CRutaTabla2 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T2_ComprasMensuales.xlsx")
CRutaTabla3 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T3_CapacidadAlmacenamiento.xlsx")
CRutaTabla4 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T4_Regiones.xlsx")
CRutaTabla5 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T5_TablaRotacion.xlsx")
CRutaTabla6 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T6_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx")
CRutaTabla7 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T7_MunicipiosVolumenAsignado.xlsx")

file.copy(RutaTabla1, CRutaTabla1)
file.copy(RutaTabla2, CRutaTabla2)
file.copy(RutaTabla3, CRutaTabla3)
file.copy(RutaTabla4, CRutaTabla4)
file.copy(RutaTabla5, CRutaTabla5)
file.copy(RutaTabla6, CRutaTabla6)
file.copy(RutaTabla7, CRutaTabla7)

#4. Genera la tabla de asignación
TablaAsignación <- select(VFA,
  SICOM,
  EstacionNueva,
  CodMunicipioFrontera,
  Departamento,
  Municipio,
  NombreRegion,
  ValorAsignadoDiesel,
  ValorAsignadoCorriente)

nombre_archivo <- paste0(nombre_directorio,"/TablaAsignacion_", year(fh), mes, dia, "_",hor, min, seg,".xlsx")
write_xlsx(TablaAsignación,nombre_archivo)

#5. Genera un archivo TXT con la ruta del archivo generado, esto archivo es utilizado desde Excel para abrir la tabla
write.csv(nombre_archivo, file = "RutaArchivo.csv", row.names = FALSE)

mensaje = paste0("El proceso de asignación de volúmenes ha terminado con éxito, puede ver la archivo de asignaciones en
la siguiente ruta: ",nombre_directorio)
}
```

## ANEXO 6 – MANUAL DEL USUARIO

---



Este documento contiene la guía de uso del software desarrollado por Econometría S.A para calcular la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio que pertenecen a municipios de frontera. El manual está dirigido a las personas que van a utilizar el software para calcular dicha asignación y contiene el procedimiento y las recomendaciones que se deben tener en cuenta para su uso.

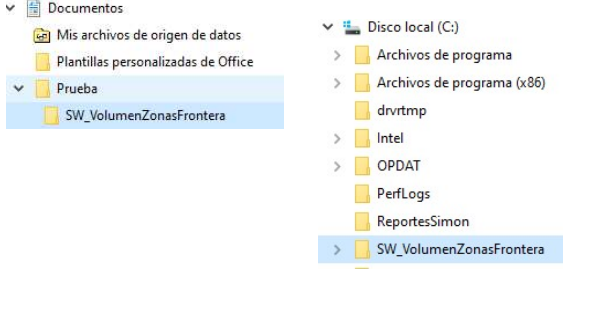
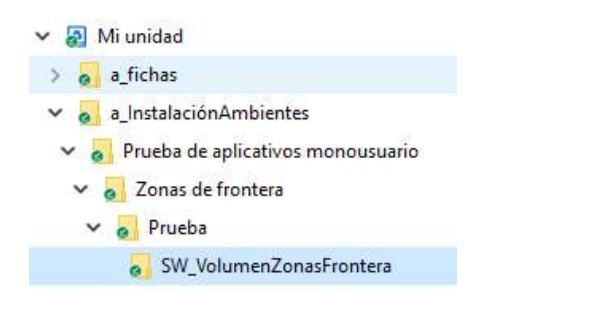
La aplicación funciona con sistema operativo Windows, está desarrollada en lenguaje R y utiliza un archivo de Excel para facilitar la actualización de la información, la ejecución de la aplicación y la visualización de resultados.

## A6.1 INSTALACIÓN

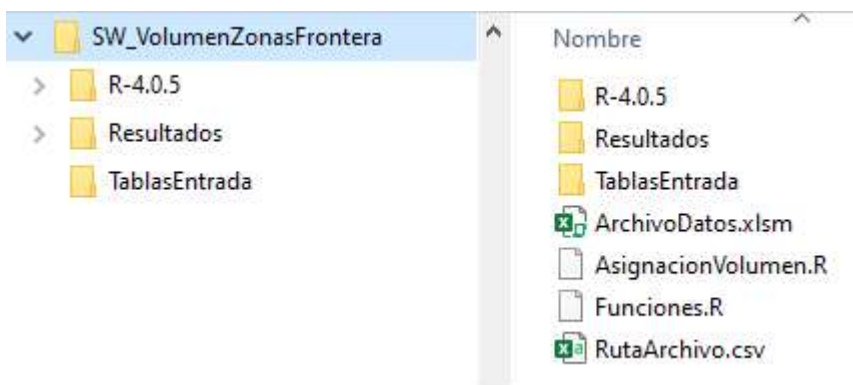
A continuación, se describen los pasos a seguir para la instalación de la herramienta.

1. Descomprima el archivo AsignaciónVolumneEstacionesMP.zip entregado por Econometría como parte de los productos de la consultoría. El archivo se puede descomprimir directamente en la raíz del disco C:\ o en un directorio ya existente si así lo prefiere. Al descomprimir el archivo se crea una carpeta llamada “SW\_VolumenZonasFrontera”.

**Recomendación:** Si va a utilizar un directorio existente para descomprimir el archivo, se recomienda que esté ubicado en máximo dos subdirectorios padre, adicionalmente los nombres de las carpetas no deben ser muy largos, ya que esto puede provocar errores de acceso a los archivos. A continuación se ilustran algunos ejemplos de la forma correcta e incorrecta de ubicación del directorio

✓ Forma Correcta	✗ Forma Incorrecta
	

2. Al descomprimir el archivo se genera la siguiente estructura de directorios.

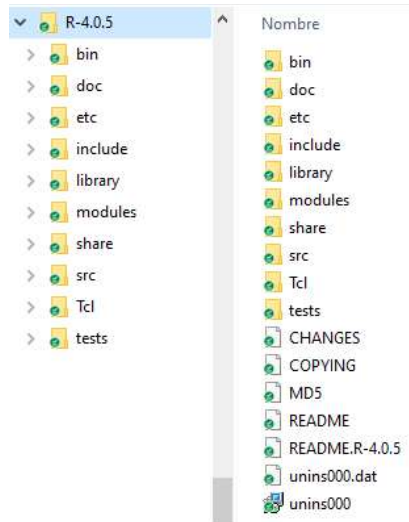


**Recomendación:** Para el correcto funcionamiento de la herramienta, no se debe realizar ninguna modificación a la estructura, nombres de las carpetas ni los archivos que contienen, sin embargo, si el usuario lo requiere, puede crear nuevos directorios de trabajo.

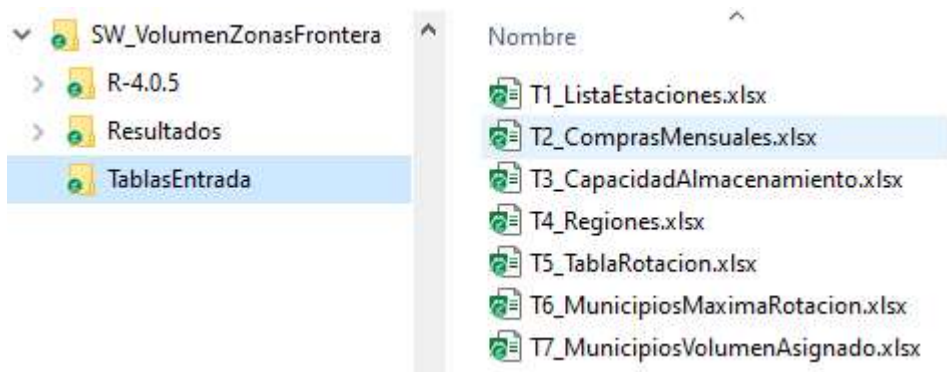
A continuación, se describe el contenido de cada subdirectorio:

- **Archivo ArchivoDatos.xlsm:** Este archivo de Excel es el que debe utilizar el usuario para actualizar las tablas de entrada que utiliza la herramienta, también provee una interfaz muy sencilla que le permite la ejecución del programa que realiza el cálculo sin necesidad de abrir el entorno de ejecución de R, así como consultar la tabla de asignación resultante. El detalle sobre el contenido de este archivo se explica en el numeral 1.2 de este anexo.
- **Archivo AsignacionVolumen.R:** Contiene un programa desarrollado en R que se encarga de ejecutar las rutinas requeridas para el cálculo de la asignación del volumen.
- **Archivo Funciones.R:** Contiene un programa desarrollado en R con el código de las rutinas o funciones que son llamadas desde el archivo AsignacionVolumen.R. Puede consultar el Anexo 7. Manual del sistema, para conocer la explicación de las rutinas utilizadas.
- **Archivo RutaArchivo.csv:** Contiene la ruta de almacenamiento del último archivo de asignación generado.

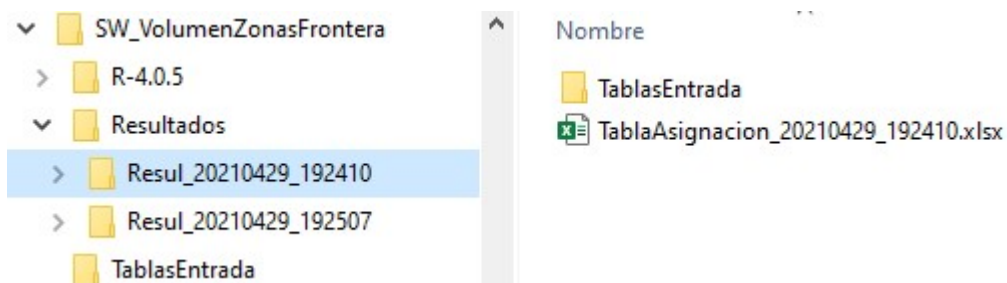
- **Directorio R-4.0.5:** Contiene los archivos del entorno de ejecución de R.



- **Tablas de entrada:** Este directorio contiene los archivos de entrada utilizados por el programa de R para realizar el cálculo. El contenido de estos archivos se explica en la sección A6.3.



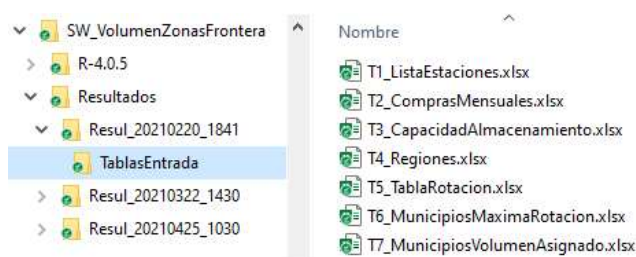
- **Resultados:** Cada vez que se utiliza la aplicación para realizar la asignación, se genera de manera automática un subdirectorio cuyo nombre corresponde a la estructura Resul\_AñoMesDia\_HoraMilitarMinutosSegundos. La fecha y hora corresponden al momento en el que se genera el archivo de resultados.



Al interior de cada subdirectorío de resultados se encuentra lo siguiente:

**TablaAsignacion\_FechaHora.xlsx:** Contiene la tabla resultante del cálculo de la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio que pertenecen a municipios de frontera. El contenido de esta tabla se explica en la sección A6.4.

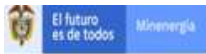
**TablasEntrada:** Este directorío contiene una copia de los archivos de entrada utilizados por el modelo, de esta manera el usuario puede contar con una trazabilidad de la información utilizada en cualquier ejercicio de asignación. El contenido de estas tablas se explica en la sección A6.3.



## A6.2 CÁLCULO DE LA ASIGNACIÓN DE VOLÚMENES

A continuación, se describen los pasos que se deben llevar a cabo para realizar el cálculo de la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio que pertenecen a municipios de frontera.

1. Abrir el archivo **ArchivoDatos.xlsm** que se encuentra en el directorío **SW\_VolumenZonasFronteras**. Habilitar macros si el programa lo solicita
2. En la primera hoja del archivo se encuentra una interfaz muy sencilla con una guía rápida de uso del aplicativo y algunas recomendaciones.



**DETERMINACIÓN EFICIENTE DE LOS VOLÚMENES MÁXIMOS DE COMBUSTIBLE CON BENEFICIOS  
TRIBUTARIOS A DISTRIBUIR EN LAS EDS DE LOS MUNICIPIOS DE ZONAS DE FRONTERA**

**Aplicativo diseñado para para calcular la asignación del volumen máximo municipal entre las  
estaciones de servicio que pertenecen a municipios de frontera**

Antes de calcular la asignación de volúmenes se recomienda lo siguiente.

- 1 Si es la primera vez que utiliza la herramienta, es importante que leer el manual de usuario el cual le permitirá entender la forma correcta de utilizarla
- 2 Asegúrese de que las tablas 1.ListaEstaciones, 2.ComprasMensuales y 3.CapacidadAlmacenamiento se encuentran actualizados con la última información
- 3 En la casilla azul N14, indique el número de meses a utilizar para el cálculo del consumo promedio, se sugieren 3 o 6 meses.
- 4 En la casilla amarilla N16, indique la fecha de corte (mes-año) correspondiente al ejercicio de asignación. Debe escribir las primeras tres letras del mes en español seguidas el carácter "-" y los cuatro dígitos del año. Ejemplo: jun-2021.
- 5 Seleccione el botón azul "Calcular" para realizar el proceso de asignación con la información disponible. Para verificar que el proceso terminó con éxito, busque y abra la ventana de comandos que se debe activar e la barra de tareas de Windos, según lo muestra la siguiente imagen.

6

Calcular

ago-21

Ver último  
archivo de



- 6 En la ventana de comandos se muestran varios mensajes que indican las rutinas que se van ejecutando con éxito, al final del proceso, indica la ruta en la que quedó almacenado al archivo de excel con la asignación

```
El cálculo de la primera aproximación de volumen asignado por estación se ha realizado exitosamente
El cálculo de valor asignado ha sido calculado con éxito
[1] "El proceso de asignación de volúmenes ha terminado con éxito, puede ver la archivo de asignaciones en la siguiente ruta: C:\\SW_VolumenZonasFrontera\\Resultados\\Resul_20210429_181052"
```

- 7 Puede cerrar la ventana de comandos y abrir el archivo de asignaciones en la ruta indicada, o puede utilizar el botón verde "Ver último archivo de resultados".

En este archivo el usuario puede actualizar la información que se requiere para el cálculo, el archivo contiene 7 hojas con las tablas de entrada utilizadas por el sistema, en el numeral A6.3 de este anexo se explica el propósito y estructura de estos archivos.

3. En la casilla azul el usuario debe seleccionar el número de meses del periodo a utilizar para calcular el consumo promedio de las estaciones.
4. En la casilla amarilla debe indicar la fecha a la cual corresponde el ejercicio. El cálculo del consumo promedio se realizará con el número de meses seleccionado que hayan transcurrido antes de la fecha de corte.

5. Con los parámetros de meses, fecha de corte y la información actualizada, se debe utilizar el botón de color azul “Calcular Asignación”. Esta acción activa una macro que exporta las tablas de entrada, y ejecuta el programa de R que realiza el cálculo.
6. Cada vez que se ejecuta el programa de R, este lee la fecha y hora del sistema y crea una carpeta nombrada como “Resul\_AñoMesDia\_Hora\_Minutos\_Segundos”, en esta carpeta se almacena el archivo con la asignación de volúmenes y las tablas de entrada que se utilizaron para el cálculo.
7. Puede abrir el archivo buscándolo en la ruta de almacenamiento que presenta R al terminar el proceso, o puede utilizar el botón verde “Ver último archivo de resultados”. En todo caso puede verificar la fecha y hora de generación del archivo en el nombre para confirmar que corresponde al archivo que requiere consultar.

### A6.3 ARCHIVOS DE ENTRADA

El archivo de Excel “ArchivoDatos.xlsm” contiene siete hojas que corresponden a los datos de entrada que utiliza el programa de R para el cálculo. El usuario puede actualizar los datos en este archivo y el botón calcular se encargará de exportar toda la información para que el cálculo quede actualizado.

#### Recomendaciones

No se puede cambiar el nombre de las hojas, tampoco se puede cambiar el nombre de las columnas ni eliminar o crear nuevas.

A continuación, se describe cada una de las tablas.

#### A6.3.1 Listado de estaciones

SICOM	CodMunicipioFronteras	MesAñoInicioOperacion	EstacionNueva
631182	15223	dic-19	No
631183	15223	dic-19	No
634686	15223	dic-19	No
634687	15223	dic-19	No
636089	15223	dic-19	No

Corresponde a la hoja “1.ListaEstaciones” y al archivo de entrada T1\_ListaEstaciones.xlsx.

Contiene la lista de estaciones en municipios de frontera. Este archivo debe actualizarse con las estaciones nuevas. Está compuesta por las siguientes variables:

- SICOM: Código de identificación de la estación asignado por el sistema SICOM
- CodMunicipioFronteras: Código DANE del municipio al que pertenece la estación
- MesAñoInicioOperacion: Años y mes en que la estación inicio operaciones en el municipio

- EstacionNueva: Indica si la estación es nueva o antigua. El estado debe actualizarse, las estaciones nuevas que están marcadas con “Si”, deberán ser actualizadas a “No” en la siguiente asignación.

### Recomendaciones

- El código SICOM no se puede repetir, debe ser único
- Le fecha de mes año de inicio de operación de la estación debe estar en el formato mes-año
- En esta tabla se ingresan las estaciones nuevas en municipios de frontera
- La variable EstacionNueva sólo debe tener los valores "No" y "Si".

#### A6.3.2 Compras o consumo promedio mensual

SICOM	MesAñoCompra	ComprasDiesel	ComprasCorriente
630454	dic-20	9370	50924
630455	dic-20	7119	27440
630456	dic-20	3224	31640
630457	dic-20	18573	48428
630458	dic-20	37070	0
630460	dic-20	42558	16862

Corresponde a la hoja “2.ComprasMensuales” y al archivo de entrada T2\_ComprasMensuales.xlsx.

Contiene el promedio mensual de las compras de diesel y gasolina corriente en galones por estación que se obtiene del sistema SICOM. Este archivo debe ser actualizado con los datos mensuales que se vayan a utilizar para calcular las asignaciones. Por ejemplo, si la fecha de corte de la asignación es Jun-2021 y se requiere realizar el cálculo con los datos de los últimos 6 meses, este archivo deberá contener las compras de enero a junio del 2021. Está conformado por las siguientes variables:

- SICOM: Código de identificación de la estación asignado por el sistema SICOM
- MesAñoCompra: Mes y año al que corresponde la información
- CompraDiesel: Número promedio de galones de diesel comprados
- ComprasCorriente: Número promedio de galones de gasolina corriente comprados

### Recomendaciones

- Este archivo se debe alimentar con las compras promedio mensual
- Cada mes se añade al final del archivo para mantener el histórico
- Se puede cargar información de todas las estaciones del país, el sistema se encarga de identificar las que pertenecen a municipios de frontera
- La dupla SICOM - MesAñoCompra debe ser única

### A6.3.3 Capacidad de almacenamiento del tanque

SICOM	CapacidadAlmacenamientoDiesel	CapacidadAlmacenamientoCorriente
630454	7000	10000
630455	9686	9686
630456	3120	8329
630457	5568	20872
630458	9845	0
630459	4784	2799

Corresponde a la hoja “3.CapacidadAlmacenamiento” y al archivo de entrada T3\_CapacidadAlmacenamiento.xlsx. y contiene la capacidad máxima de almacenamiento en galones por tipo de combustible y para cada estación ubicada en municipios de frontera. Está conformado por las siguientes variables:

- SICOM: Código de identificación de la estación asignado por el sistema SICOM
- CapacidadAlmacenamientoDiesel: Capacidad en galones del tanque de la estación para almacenar diesel
- CapacidadAlmacenamientoCorriente: Capacidad en galones del tanque de la estación para almacenar gasolina corriente

#### Recomendaciones

- Este archivo debe estar actualizado con el último dato por la EDS
- El código SICOM no se puede repetir, debe ser único

### A6.3.4 Tabla de regiones

CodRegion	NombreRegion
1	Norte
2	Sur
3	Oriente
4	Occidente

Corresponde a la hoja “4.TablaRegiones” y al archivo de entrada T4\_Regiones.xlsx  
Está conformado por las siguientes variables:

- CodRegion: Código de la región
- NombreRegion: Nombre de la región

Este código se asigna a los municipios de la hoja 6.ListaMunicipiosMaximaRotacion

### A6.3.5 Tabla de días de rotación



CodClasificacionRotacion	DiasRotacion	DescripcionClasificacion
1	6	Norte de Santander
2	9	Región hacia el Pacífico (Chocó y Nariño Fluvial), Arauca y Vaupés
3	18	Nariño, Putumayo, Vichada, La guajira, Cesar, Amazonas y Guainia

Corresponde a la hoja “5.TablaRotacion” y al archivo de entrada T5\_TablaRotacion.xlsx  
 Está conformado por las siguientes variables:

- CodClasificacionRotacion: Código consecutivo que identifica la clasificación
- DiasRotacion: Número de días de rotación
- DescripcionClasificacion: Descripción de la clasificación  
 Este código se asigna a los municipios de la hoja 6.ListaMunicipiosMaximaRotacion

#### A6.3.6 Máxima rotación para el municipio

CodMunicipioFronteras	Departamento	Municipio	CodRegion	CodClasificacionRotacion	MaxAsignacionMpioDiesel	MaxAsignacionMpioCorriente
15223	BOYACÁ	CUBARÁ	1	2	220.000	220.000
20001	CESAR	VALLEDUPAR	1	2	220.000	220.000
20011	CESAR	AGUACHICA	1	2	220.000	220.000
20013	CESAR	AGUSTÍN COD	1	2	220.000	220.000

Contiene el volumen máximo en galones por tipo de combustible que puede tener una estación en el municipio. Corresponde a la hoja “6.ListaMunicipiosMaximaRotacion” y al archivo de entrada T6\_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx

Está conformado por las siguientes variables

- CodMunicipioFronteras: Código DANE del municipio
- Departamento: Nombre del departamento
- Municipio: Nombre del municipio
- CodRegion: Código de la región
- CodClasificacionRotacion: Nombre de la región
- MaxAsignacionMpioDiesel: Valor máximo asignado para diesel
- MaxAsignacionMpioCorriente: Valor máximo asignado para gasolina corriente

#### A6.3.7 Volumen asignado por municipio

CodMunicipioFronteras	VolumenAsignadoMpioCorriente	VolumenMpioAsignadoDiesel
15223	42.483	23.229
20001	1.895.104	1.013.678
20011	425.285	104.928
20013	233.795	89.197

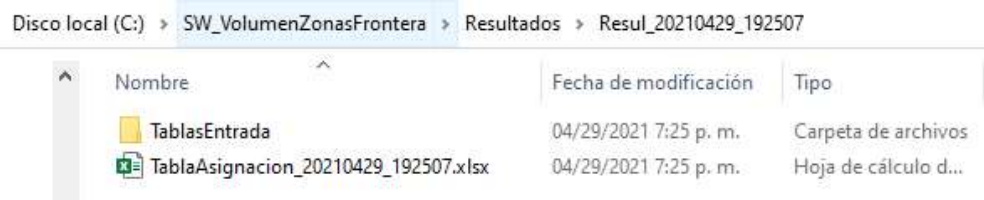
Contiene el volumen en galones asignado a cada municipio de frontera por tipo de combustible. Este volumen es el que se distribuye entre las estaciones del municipio según la metodología aplicada para la asignación. Corresponde a la hoja “6.ListaMunicipiosMaximaRotacion” y al archivo de entrada T6\_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx

Está conformado por las siguientes variables

- CodMunicipioFronteras: Código DANE del municipio
- VolumenAsignadoMpioCorriente: Volumen de gasolina corriente asignado al municipio
- VolumenMpioAsignadoDiesel: Volumen de diesel asignado al municipio

#### A6.4 ARCHIVO DE SALIDA

Como resultado del proceso de cálculo, se genera un archivo de salida que estará ubicado en el directorio creado por la aplicación con la fecha y hora del ejercicio, recibe el nombre TablaAsignacion\_FechaHora. La siguiente imagen muestra un ejemplo de su ubicación, también puede ser consultado por medio del archivo de Excel que ejecuta la aplicación.



El archivo de salida presenta la siguiente estructura

SICOM	EstacionNueva	CodMunicipioFrontera	Departamento	Municipio	NombreRegion	ValorAsignadoDiesel	ValorAsignadoCorriente
636089	No	15223	BOYACÁ	CUBARÁ	Norte	3624	12548
631182	No	15223	BOYACÁ	CUBARÁ	Norte	14172	22104
634686	No	15223	BOYACÁ	CUBARÁ	Norte	5433	7832
633829	No	20001	CESAR	VALLEDUPAR	Norte	11106	22475
633831	No	20001	CESAR	VALLEDUPAR	Norte	89482	78569

- SICOM: Código de identificación de la estación asignado por el sistema SICOM
- CodMunicipioFronteras: Código DANE del municipio al que pertenece la estación
- Departamento: Nombre del departamento
- Municipio: Nombre del municipio
- NombreRegion: Nombre de la región
- ValorAsignadoDiesel: Valor asignado a la estación para combustible Diesel
- ValorAsignadoCorriente: Valor asignado a la estación para gasolina corriente

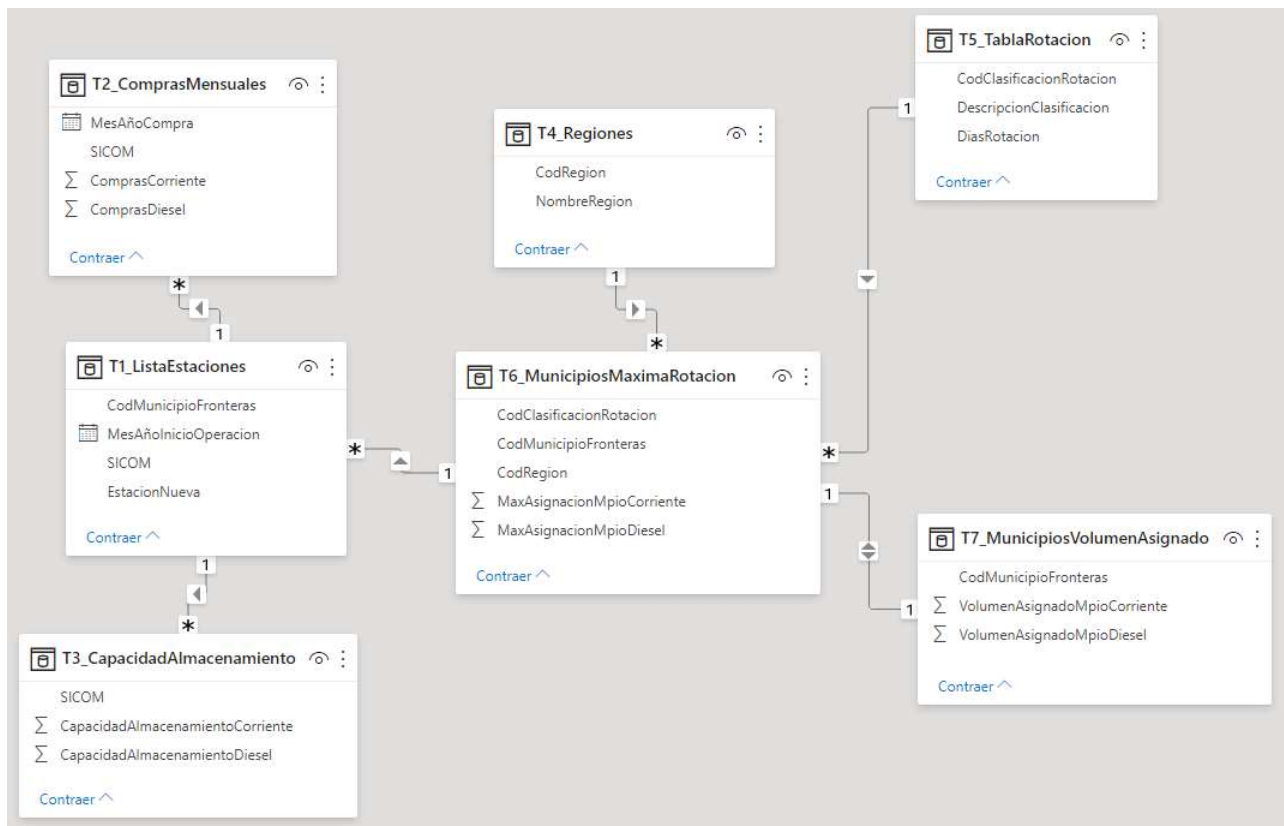
## ANEXO 7 – MANUAL DEL SISTEMA

---

Este documento contiene el detalle técnico del software desarrollado por Econometría S.A para calcular la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio que pertenecen a municipios de frontera. El manual está dirigido a personas interesadas en entender el modelo de datos y el funcionamiento de las rutinas utilizadas para realizar la asignación, es deseable contar con conocimientos de programación en lenguaje R para facilitar el entendimiento del código.

## A7.1 MODELO DE DATOS

A continuación se presenta el modelo relacional de las tablas utilizadas por la aplicación para realizar el cálculo.



En el manual de usuario se describen las tablas y su estructura. En el modelo se observan dos grupos de información.

### Datos Municipales

La tabla T6\_MunicipiosMaximaRotacion contiene la lista de municipios de frontera con el volumen máximo de combustible que puede tener una estación en el municipio, la llave primaria es CodMunicipioFronteras la cual corresponde al código DANE del municipio. La tabla tiene relación con:

- T4\_Regiones: Contiene las regiones geográficas en las que se clasifican los municipios, la variable de cruce es CodRegion.
- T5\_TablaRotacion: Contiene la tabla de días de rotación clasificados por categorías, a cada municipio se le asigna una categoría para identificar los días de rotación que le corresponden. La variable de cruce es CodClasificacionRotacion.
- T7\_MunicipiosVolumenAsignado: Contiene los volúmenes de combustible asignados a cada municipio de frontera. La variable de cruce es CodMunicipioFronteras.
- T1\_ListaEstaciones: Lista de estaciones de servicio en municipios de frontera. La variable de cruce es CodMunicipioFronteras.

### Datos por estaciones

La tabla T1\_ListaEstaciones contiene la lista de estaciones de servicio en municipios de frontera, la llave primaria corresponde el código SICOM que es asignado por el Sistema de información de combustibles, tiene relación con las siguientes tablas:

- T2\_ComprasMensuales: Contiene el promedio mensual de las compras realizadas por las estaciones de servicio por tipo de combustible, la variable de cruce es SICOM.
- T3\_CapacidadAlmacenamiento: Contiene la capacidad máxima de almacenamiento de las estaciones de servicio, la variable de cruce es SICOM.

## A7.2 RUTINAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO

A continuación se describen las rutinas utilizadas para el cálculo, el código fuente de la aplicación se encuentra en Anexo 5 – Software para la asignación del volumen máximo municipal entre las estaciones de servicio. La aplicación está conformada por dos archivos: AsignacionVolumen.R y Funciones.R.

### A7.2.1 AsignacionVolumen.R

Es el programa que se ejecuta desde el archivo de Excel y se encarga de ejecutar las rutinas en orden lógico. La presentación detallada de cada rutina se encuentra en la descripción del archivo Funciones.R.

En primer lugar, se prepara el ambiente para la ejecución de las rutinas, se cargan las librerías requeridas y se leen los parámetros que se envían desde el archivo de Excel que ejecuta la aplicación, se establece el directorio de trabajo y se carga el archivo Funciones.R que contiene la programación de las rutinas.

```
#Inicilización de la variable JAVA_HOME
if (Sys.getenv("JAVA_HOME")!="")
  Sys.setenv(JAVA_HOME="")
#Carga de librerías
library(dplyr)#Manipulación de dataframes
library(plyr)#Manipulación de dataframes para hacer agregaciones

#Lee los parámetros que se envían desde excel: PMeses, PFecha y ruta del directorio de trabajo
args <- commandArgs(trailingOnly = TRUE)

#Parámetro de entrada que indica el número de meses sobre para calcular el promedio de compra
PMeses = as.numeric(args[1])

#Parámetro de entrada que indica la fecha de corte a la que pertenece el ejercicio de redistribución
PFecha = as.Date(args[2], format="%m/%d/%Y")

#Identificación del archivo de trabajo
dirTrabajo = paste0(args[3],"/")

setwd(dirTrabajo)

source("Funciones.R")
```

Lee los archivos de trabajo que han sido exportados desde el archivo de Excel que ejecuta la aplicación

```
#Carga de archivos de trabajo
LecturaArchivos(dirTrabajo)
T1 <- FT1() #Lista de estaciones
T2 <- FT2() #Compras mensuales por estación
T3 <- FT3() #Capacidad de almacenamiento por estación
T4 <- FT4() #Lista de regiones
T5 <- FT5() #Tabla con días de rotación de inventario
T6 <- FT6() #Tabla con la máxima rotacion por municipio
T7 <- FT7() #Tabla con el volumen asignado por municipio
```

Ejecuta las rutinas para identificar las estaciones antiguas, obtener la capacidad máxima de almacenamiento, calcular la capacidad operativa y la base volumétrica para la asignación.

```
#1. Generar tablas con las estaciones en municipios de frontera
EA <- EstacionesAntiguas(T1,T6) #Estaciones antiguas

#2. Calcula el consumo promedio de acuerdo con el número de meses que apliquen según
#la fecha de entrada en operación de la estación.
CP <- ConsumoPromedioA(EA, T2, PMeses, PFecha)

#3. Cruce de estaciones con la tabla de capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
#3. Si hay alguna estación que no cruce con la tabla de capacidad máxima, se realiza la siguiente imputación
#3. (Valor promedio de compra de la estación * días de rotacion asignados)/30
CM <- CapacidadTanqueA(CP, T3, T4, T5, T7)

#4. Cálculo de la capacidad operativa de almacenamiento
#4. Fórmula: (Promedio de compra por estación/30)* días de rotacion
CO <- CapacidadOperativaA(CM)

#5. Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible para estaciones nuevas
#5. Fórmula: Mínimo(Capacidad Tanque, Capacidad Operativa) * 0.2 + (0.8 * Compras promedio)
BVA <- BaseVolumetricaA(CO)
```

Identifica si hay estaciones nuevas en la tabla 1 y trae la información de la capacidad de consumo promedio, capacidad del tanque y calcula la base volumétrica. Estos procedimientos son diferentes a lo realizado para estaciones nuevas, por eso se realizan en rutinas diferentes.

```
#6.1 Identificar si hay estaciones nuevas
EN <- EstacionesNuevas(T1,T6) #Estaciones nuevas

if(nrow(EN) > 0){
  #6.2 Imputación de 0 a las variables utilizadas para calcular el consumo promedio
  CPN <- ConsumoPromedioN(EN, T2, PMeses, PFecha)

  #6.3 Cruce de estaciones con la tabla de capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tabla
  CMN <- CapacidadTanqueN(CPN, T3, T4, T5, T7)

  #6.3 Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible de acuerdo con las sigui
  #6.3 V1 = Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estacio
  #6.3 V2 = Min(Compras promedio)
  #6.3 BaseVolumetrica <- (V1 * 0.2) + (0.8 * V2)
  BVA <- BaseVolumetricaN(CMN, BVA)
}
```

Con la base volumétrica calculada para estaciones nuevas y antiguas, se realiza el cálculo de la primera aproximación al volumen asignado, luego se hace un proceso iterativo de redistribución de saldos entre las estaciones cuya asignación supera el límite máximo permitido para el municipio. Por último, se genera un directorio con una copia de las tablas utilizadas para el cálculo y la tabla con el resultado final de la asignación.

```
#7. Cálculo de la primera aproximación del volumen de combustible asignado a cada estación
#7. Fórmula: Volumen asignado al municipio * (Base volumétrica de la estación / Suma base volúmet
AVA <- AproxVolumenAsignado(BVA)

#8. Cálculo del límite máximo y redistribución de saldos en estaciones antiguas
VFA <- IteracionValorAsignado(AVA)

#9. Generar el directorio con los archivos de entrada y la tabla de resultados
Mensaje <- CrearDirectorio(VFA, dirTrabajo)
print(Mensaje)
```

## A7.2.2 Funciones.R

Contiene la programación de las rutinas que realizan las operaciones y el cálculo.

En primer lugar alista el ambiente y carga las librerías requeridas

```
if (Sys.getenv("JAVA_HOME")!="") Sys.setenv(JAVA_HOME="")
library(readxl)#Manipulación de archivos de Excel
library(lubridate)#Manipulación de fechas
library(writexl)#Exporta archivos de R a Excel
```

**Rutina LecturaArchivos:** Construye las rutas de ubicación de los archivos de trabajo que son exportados desde el archivo de Excel que ejecuta la aplicación.

```
LecturaArchivos <- function(dirTrabajo){  
  RutaTabla1 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T1_ListaEstaciones.xlsx")  
  RutaTabla2 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T2_ComprasMensuales.xlsx")  
  RutaTabla3 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T3_CapacidadAlmacenamiento.xlsx")  
  RutaTabla4 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T4_Regiones.xlsx")  
  RutaTabla5 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T5_TablaRotacion.xlsx")  
  RutaTabla6 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T6_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx")  
  RutaTabla7 <- paste0(dirTrabajo,"TablasEntrada/T7_MunicipiosVolumenAsignado.xlsx")  
}
```

**Rutinas FT1 a FT7:** Leen los archivos de trabajo en objetos tipo dataframe para facilitar el procesamiento, asigna el tipo de dato idóneo a cada variable.

```
FT1 <- function(){  
  T1 <- read_excel(RutaTabla1)  
  T1 <- as.data.frame(T1)  
  T1$MesAñoInicioOperacion <- as.Date(T1$MesAñoInicioOperacion)  
  T1$CodMunicipio <- as.numeric(T1$CodMunicipio)  
  T1$SICOM <- as.numeric(T1$SICOM)  
  attach(T1)  
  #str(T2)  
  message("T1. Lista de estaciones cargada con éxito")  
  T1  
}
```

**Rutina EstacionesAntiguas:** Genera un dataframe con las estaciones antiguas y lo cruza con las variables de la tabla T6\_MunicipiosMaximaRotacion.

```
EstacionesAntiguas <- function(Tlx,T6x){  
  #Genera tabla con las estaciones antiguas que pertenecen a municipios de frontera  
  Tlx <- rename(Tlx, c("CodMunicipio" = "CodMunicipioFronteras"))  
  T1a <- subset(Tlx, Tlx$EstacionNueva == "No")  
  T1b <- merge(x = T6x, y = T1a, by=c("CodMunicipioFronteras"))  
  message("Tabla de estaciones antiguas generada exitosamente")  
  T1b  
}
```

**Rutina EstacionesNuevas:** Genera un dataframe con las estaciones nuevas y lo cruza con las variables de la tabla T6\_MunicipiosMaximaRotacion.

```
EstacionesNuevas <- function(Tlx,T6x){  
  #Genera tabla con las estaciones nuevas que pertenecen a municipios de frontera  
  Tlx <- rename(Tlx, c("CodMunicipio" = "CodMunicipioFronteras"))  
  T1a <- subset(Tlx, Tlx$EstacionNueva == "Si")  
  T1b <- merge(x = T6x, y = T1a, by=c("CodMunicipioFronteras"))  
  message("Tabla de estaciones nuevas generada exitosamente")  
  T1b  
}
```

**Rutina ConsumoPromedioA:** Calcula el consumo promedio de las estaciones antiguas de acuerdo con la fecha de entrada en operación, el número de meses recibido como parámetro para calcular el promedio y la fecha de corte del ejercicio. La rutina se encarga de:

- Generar un arreglo con las fechas disponibles en el archivo de compra y filtra las fechas que corresponden al número de meses recibido como parámetro, este arreglo de fechas se cruza con la tabla de consumos y estaciones nuevas, de esta manera se obtiene el dataframe base para calcular el consumo promedio por estación para el número de meses recibido como parámetro.



- Calcular el número de meses de operación de las estaciones según la fecha de entrada y el número de meses que deben ser utilizados para calcular el promedio de consumo. El promedio se calcula para las estaciones que llevan operando por lo menos un mes antes de la fecha de corte recibida como parámetro.
- Calculo del consumo promedio por estación antigua y tipo de combustible para el periodo de tiempo recibido como parámetro

V1	Compras promedio mensual de las estaciones
V2	Número de meses para calcular el promedio
Fórmula	Suma(V1)/V2

```
ConsumoPromedioA <- function(EA, T2, PMeses, PFecha){
  #Calcula el consumo promedio de acuerdo con el número de meses que apliquen según la fecha de entrada en 0
  #1. Cruza la tabla de estaciones antiguas con la tabla de consumos mensuales
  T2 <- merge(x = EA, y = T2, by=c("SICOM"))
  #2. Genera un arreglo con las fechas a utilizar para calcular el promedio de compras de acuerdo con los pa
  FechaCompra <- as.data.frame(distinct(T2["MesAñoCompra"]))
  arrange(FechaCompra, desc(MesAñoCompra))
  FechaCompra <- subset(FechaCompra, FechaCompra$MesAñoCompra < PFecha)
  Filas <- nrow(FechaCompra)
  if (PMeses <= Filas) {Filas = PMeses}
  FechaCompra <- FechaCompra[1:Filas, ]
  FechaCompra <- as.data.frame(FechaCompra)
  FechaCompra <- rename(FechaCompra, c("FechaCompra" = "MesAñoCompra"))
  FechaCompra$MesAñoCompra <- as.Date(FechaCompra$MesAñoCompra)

  #3. Cruce de la tabla de consumo con el arreglo de fechas para eliminar los registros que no se deben incl
  T2 <- merge(x = FechaCompra, y = T2, by=c("MesAñoCompra"), all.x=TRUE)

  #4. Cálculo del número de meses en operación
  T2a <- cbind(T2, PFecha)
  T2b <- mutate(T2a, MesesOperando = round((T2a$PFecha - T2a$MesAñoInicioOperacion)/30))

  #5. Selección de las estaciones que llevan operando al menos 1 mes antes de la fecha indicada en el paráme
  T2b$MesesOperando = as.numeric(T2b$MesesOperando)
  T2c <- subset(T2b, T2b$MesesOperando > 0)

  #6. Cálculo del número de meses que se deben tener en cuenta para calcular el promedio
  T2c <- mutate(T2c, MesPromedio = case_when(
    MesesOperando > PMeses ~ PMeses,
    MesesOperando <= PMeses ~ MesesOperando))

  #7. Cálculo del promedio de compra mensual de las estaciones antiguas según los meses de operación y para
  T2d <- distinct(select(T2c, SICOM, EstacionNueva, CodMunicipioFronteras, Departamento, Municipio, CodRegio)
  T2e <- select(T2b, SICOM, ComprasDiesel, ComprasCorriente)
  T2f <- dplyr::ddply(T2e, "SICOM", colwise(sum))
  T2g <- merge(x = T2f, y = T2d, by=c("SICOM"), all.x=TRUE)
  T2h <- mutate(T2g, promgal_diesel_comprados = round(T2g$ComprasDiesel/T2g$MesPromedio))
  T2h <- mutate(T2h, promgal_gasolinacorriente_comprados = round(T2h$ComprasCorriente/T2h$MesPromedio))
  message("Tabla con el consumo promedio por estaciones generada exitosamente")
  T2h
}
```

**Rutina ConsumoPromedioN:** Para las estaciones nuevas no se calcula un promedio de consumo, esta rutina se encarga de crear ciertas variables en 0 para facilitar la posterior unión con el dataframe de estaciones antiguas.

```
ConsumoPromedioN <- function(EA, T2, PMeses, PFecha){
  #Asigna 0 a las variables que no se requieren para las estaciones nuevas
  EA <- mutate(EA, MesesOperando = 0, MesPromedio = 0, ComprasCorriente = 0, ComprasDiesel = 0)
  EA
}
```

**Rutina CapacidadTanqueA:** Cruza el dataframe resultante de la rutina ConsumoPromedioN con las tablas T3\_CapacidadAlmacenamiento, T4\_Regiones, T5\_TablaRotacion y T7\_MunicipiosVolumenAsignado. El dataframe resultante contiene todas las variables por tipo de combustible que se requieren en los siguientes pasos.

```
CapacidadTanqueA <- function(CP, T3, T4, T5, T7){
  #Cruce de estaciones con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque y otras tablas
  #Si hay alguna estación que no cruce con la tabla de capacidad máxima, se realiza una imputación

  #1. Cruce de las estaciones con su capacidad máxima de almacenamiento, días de rotación, región geográfica y volu
  CP <- merge(x = CP, y = T3, by=c("SICOM"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T4, by=c("CodRegion"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T5, by=c("CodClasificacionRotacion"), all.x=TRUE)
  CP <- merge(x = CP, y = T7, by=c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)

  #2. Para las estaciones que no crucen con la capacidad máxima de almacenamiento, se asigna el siguiente valor
  #2 (Valor promedio de compra de la estación * días de rotación asignados)/30
  CP <- mutate(CP, CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada = case_when(
    is.na(CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel) ~ (CP$promgal_diesel_comprados * CP$DiasRotacion)/30,
    CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel >= 0 ~ CP$CapacidadAlmacenamientoDiesel))

  CP <- mutate(CP, CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada = case_when(
    is.na(CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente) ~ (CP$promgal_gasolinacorriente_comprados * CP$DiasRotacion)/30,
    CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente >= 0 ~ CP$CapacidadAlmacenamientoCorriente))
  message("Tabla por estaciones con la capacidad máxima de almacenamiento del tanque generada exitosamente")
  CP
}
```

**Rutina CapacidadOperativaA:** Utilizando el dataframe resultante de la rutina CapacidadTanqueA, calcula la capacidad operativa de las estaciones antiguas por tipo de combustible aplicando la siguiente fórmula:

V1	Consumo promedio
V2	Días de rotación asignados al municipio
Fórmula	$(V1/30) * V2$

```
CapacidadOperativaA <- function(CO){
  #Cálculo de la capacidad operativa de almacenamiento
  #Fórmula: (Promedio de compra por estación/30)* días de rotacion
  CO <- mutate(CO,
    capacidad_OP_almacenamiento_diesel = round((CO$promgal_diesel_comprados/30) * CO$DiasRotacion),
    capacidad_OP_almacenamiento_corriente = round((CO$promgal_gasolinacorriente_comprados/30) * CO$DiasRotacion))
  message("El cálculo de la capacidad operativa por estación se ha realizado exitosamente")
  CO
}
```

**Rutina CapacidadVolumetricaA:** Utilizando el dataframe resultante de la rutina CapacidadOperativaA, calcula la capacidad volumétrica para asignación de las estaciones antiguas por tipo de combustible aplicando la siguiente fórmula:

V1	Compra promedio por estación
V2	Capacidad del tanque por estación
V3	Capacidad operativa por estación

Fórmula	$\text{Min}(V2, V3) * 0.2 + V1 * 0.8$
---------	---------------------------------------

```
BaseVolumetricaA <- function(BVA) {
#Cálculo de la base volumétrica para asignación por tipo de combustible
#Fórmula: Mínimo(Capacidad Tanque, Capacidad Operativa) * 0.2 + (0.8 * Compras promedio)
#1. Cálculo del valor mínimo entre la Capacidad del tanque y la Capacidad Operativa por tipo de combustible
BVA <- mutate(BVA,
  MinBaseVolumetricaDiesel =
  ifelse(BVA$CapacidadAlmacenamientoDiesel ajustada >= BVA$capacidad_OP_almacenamiento_diesel,
    BVA$capacidad_OP_almacenamiento_diesel, BVA$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada),
  MinBaseVolumetricaCorriente =
  ifelse(BVA$CapacidadAlmacenamientoCorriente ajustada >= BVA$capacidad_OP_almacenamiento_corriente,
    BVA$capacidad_OP_almacenamiento_corriente, BVA$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada))
#2. Cálculo la base volumétrica para asignación
BVA <- mutate(BVA,
  baseVolumetricaAsignacionDiesel = (MinBaseVolumetricaDiesel * 0.2) + (promgal_diesel_comprados * 0.8),
  baseVolumetricaAsignacionCorriente = (MinBaseVolumetricaCorriente * 0.2) + (promgal_gasolinacorriente_comprados * 0.8))
message("El cálculo de la base volumétrica para asignación para estaciones antiguas se ha realizado exitosamente")
BVA
}
```

**Rutina CapacidadVolumetricaN:** Se encarga de calcular la capacidad volumétrica por tipo de combustible para las estaciones nuevas, para ello utiliza el dataframe generado en la rutina CapacidadVolumetricaA, el cual contiene los cálculos realizados para las estaciones antiguas. La fórmula aplicada corresponde a:

V1	Mínima compra promedio por municipio. Tiene en cuenta sólo los municipios con estaciones nuevas Para el cálculo del mínimo se selecciona el menor valor entre las estaciones antiguas de cada municipio.
V2	Mínima capacidad de almacenamiento por municipio. Tiene en cuenta sólo los municipios con estaciones nuevas Para el cálculo del mínimo se selecciona el menor valor entre las estaciones antiguas y el de cada estación nueva.
V3	Mínima capacidad de operativa por municipio. Tiene en cuenta sólo los municipios con estaciones nuevas Para el cálculo del mínimo se selecciona el menor valor entre las estaciones antiguas de cada municipio.
Fórmula	$\text{Min}(V2, V3) * 0.2 + V1 * 0.8$

Una vez se realiza el cálculo, se unen los dos dataframe resultantes de las rutinas CapacidadVolumetricaA y CapacidadVolumetricaN, los cuales contienen el cálculo de la capacidad volumétrica para estaciones antiguas y nuevas.

```
#1. Genera la base de estaciones antiguas que pertenecen a municipios con estaciones nuevas
ListaMpios <- as.data.frame(distinct(BVN["CodMunicipioFronteras"]))
EAN <- merge(x = ListaMpios, y = VFA, by = c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)
EAN <- select(EAN, "CodMunicipioFronteras",
"CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada",
"CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada",
"capacidad_OP_almacenamiento_diesel",
"capacidad_OP_almacenamiento_corriente",
"promgal_diesel_comprados",
"promgal_gasolinacorriente_comprados")

#2. En los municipios con estaciones nuevas, identifica el mínimo valor de las variables requeridas para calcular la base vol
#2. Los mínimos se calculan sólo con la información de las estaciones antiguas
Minimos <- aggregate(cbind(
  MinAlmDiesel_Antigua = CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada,
  MinAlmCorriente_Antigua = CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada,
  capacidad_OP_almacenamiento_diesel,
  capacidad_OP_almacenamiento_corriente,
  promgal_diesel_comprados,
  promgal_gasolinacorriente_comprados
) ~ CodMunicipioFronteras, FUN = min, data = EAN)

#3. Cruce de los valores mínimos por municipio con la base de estaciones nuevas
BVN <- merge(x = BVN, y = Minimos, by = c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)

#4. Cálculo de la base volumétrica para asignación de las estaciones nuevas
#V1 = Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estaciones antiguas)
#V2 = Min(Compras promedio)
#Fórmula: BaseVolumetrica <- (V1 * 0.2) + (0.8 * V2)

#4.1 Cálculo de la variable V1.Min(Capacidad del tanque de estaciones incluyendo la nueva, Capacidad operativa de estaciones
BVN <- mutate(BVN, MinBaseVolumetricaDiesel =
  ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada <= BVN$MinAlmDiesel_Antigua,
  ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel,
  BVN$CapacidadAlmacenamientoDiesel_ajustada, BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel),
  ifelse(BVN$MinAlmDiesel_Antigua <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel, BVN$MinAlmDiesel_Antigua,
  BVN$capacidad_OP_almacenamiento_diesel)))

BVN <- mutate(BVN, MinBaseVolumetricaCorriente =
  ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada <= BVN$MinAlmCorriente_Antigua,
  ifelse(BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente,
  BVN$CapacidadAlmacenamientoCorriente_ajustada, BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente),
  ifelse(BVN$MinAlmCorriente_Antigua <= BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente, BVN$MinAlmCorriente_Antigua,
  BVN$capacidad_OP_almacenamiento_corriente)))

#4.2 Cálculo de la base volumétrica para las estaciones nuevas
BVN <- mutate(BVN,
  baseVolumetricaAsignacionDiesel = (MinBaseVolumetricaDiesel * 0.2) + (promgal_diesel_comprados * 0.8),
  baseVolumetricaAsignacionCorriente = (MinBaseVolumetricaCorriente * 0.2) + (promgal_gasolinacorriente_comprados * 0.8))
message("El cálculo de la base volumétrica para asignación en las estaciones nuevas se ha realizado exitosamente")

BVN <- select(BVN, -CodMunicipioFronteras.1, -MinAlmDiesel_Antigua, -MinAlmCorriente_Antigua)
BVU <- rbind(BVN, VFA)
```

**Rutina AproxVolumenAsignado:** Calcula la primera aproximación al valor asignado por estación, este cálculo tiene en cuenta las estaciones antiguas y nuevas, utiliza el dataframe resultante de la rutina CapacidadVolumetricaN. Para el cálculo, la información se cruza con la tabla T7\_MunicipiosVolumenAsignado, para recuperar el valor de la asignación de combustible por municipio.

En esta rutina se realiza el tratamiento para los municipios que deben ser manejados como un solo grupo del área metropolitana, a estos municipios se les asigna un mismo código DANE del grupo y al terminar las operaciones se restaura el código original. La fórmula utilizada es la siguiente:

V1	Suma de la base volumétrica por municipio
V2	Base volumétrica del municipio
V3	Valor de combustible asignado al municipio
Fórmula	$V3 * (V2 / V1)$

```
AproxVolumenAsignado <- function(AVA_x){
#Cálculo de la primera aproximación del volumen de combustible asignado a cada estación
#Fórmula: Volumen asignado al municipio * (Base volumétrica de la estación / Suma base volumétrica del municipio)

#1. Genera grupos de municipios por áreas metropolitanas para calcular una base volumétrica global
#1. Esto se hace para el área de Norte de Santander
AVA <- AreasMetropolitanas(AVA_x)

#2. Suma de la base volumétrica asignada por municipio, se utilizará como denominador para el cálculo del % de distribución por mu
SBV <- select(AVA, CodMunicipioFronteras, baseVolumetricaAsignacionDiesel, baseVolumetricaAsignacionCorriente)
SBV <- aggregate(cbind(baseVolumetricaAsignacionDiesel, baseVolumetricaAsignacionCorriente) ~ CodMunicipioFronteras,
FUN = sum, data = AVA)
SBV <- rename(SBV, c("baseVolumetricaAsignacionDiesel" = "SumaBaseVolumetricaDiesel",
"baseVolumetricaAsignacionCorriente" = "SumaBaseVolumetricaCorriente"))

#3. Cálculo del porcentaje de participación en la base volumétrica del municipio
PBV <- merge(x = AVA, y = SBV, by=c("CodMunicipioFronteras"), all.x=TRUE)

PBV <- mutate(PBV,
PartBaseVolumMpioDiesel = PBV$baseVolumetricaAsignacionDiesel/PBV$SumaBaseVolumetricaDiesel,
PartBaseVolumMpioCte = PBV$baseVolumetricaAsignacionCorriente/PBV$SumaBaseVolumetricaCorriente)

#4. Iguala a 0 las participaciones de las estaciones en donde la suma volumétrica del municipio es igual a 0
PBV$PartBaseVolumMpioDiesel <- replace(PBV$PartBaseVolumMpioDiesel, PBV$SumaBaseVolumetricaDiesel==0, 0)
PBV$PartBaseVolumMpioCte <- replace(PBV$PartBaseVolumMpioCte, PBV$SumaBaseVolumetricaCorriente==0, 0)

#5. Cálculo de la primera aproximación del valor asignado
#5. Fórmula: Valor asignado al municipio * porcentaje de participación volumetrica
PBV <- mutate(PBV,
AproxVarAsignadoDiesel = round(PBV$VolumenAsignadoMpioDiesel * PBV$PartBaseVolumMpioDiesel),
AproxVarAsignadoCorriente = round(PBV$VolumenAsignadoMpioCorriente * PBV$PartBaseVolumMpioCte))

#6. Se crea una variable espejo para almacenar el valor asignado, sobre esta variable se harán los ajustes cuando una estación sup
PBV <- mutate(PBV, ValorAsignadoDiesel = PBV$AproxVarAsignadoDiesel, ValorAsignadoCorriente = PBV$AproxVarAsignadoCorriente)

message("El cálculo de la primera aproximación de volumen asignado por estación se ha realizado exitosamente")
PBV
}
```

**Rutina IteracionValorAsignado:** Es posible que en la primera asignación resulten estaciones con un volumen mayor al permitido en el municipio, esta rutina se encarga de calcular los excedentes y llamar a la rutina que se encarga de distribuir dichos excedentes de manera proporcional entre las demás estaciones del municipio que no superen el límite máximo

```
IteracionValorAsignado <- function(VFA) {  
#Comparación del primer valor asignado contra el límite máximo del municipio y redistribución de saldos  
  
#1. Asigna el límite máximo del municipio a las estaciones que superan el límite y cuya participación es del 100%  
index <- (VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel == 1) |  
(VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel & VFA$EstacionNueva == "Si")  
VFA$ValorAsignadoDiesel[index] <- VFA$MaxAsignacionMpioDiesel[index]  
  
index <- (VFA$SobranateCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente & VFA$PartBaseVolumMpioCte == 1) |  
(VFA$SobranateCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente & VFA$EstacionNueva == "Si")  
VFA$ValorAsignadoCorriente[index] <- VFA$MaxAsignacionMpioCorriente[index]  
  
#1. Cálculo de saldos o sobrantes por estación  
VFA <- mutate(VFA, SobranateDiesel = ifelse(VFA$ValorAsignadoDiesel > VFA$MaxAsignacionMpioDiesel &  
VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1, VFA$ValorAsignadoDiesel - VFA$MaxAsignacionMpioDiesel, 0))  
VFA <- mutate(VFA, SobranateCorriente = ifelse(VFA$ValorAsignadoCorriente > VFA$MaxAsignacionMpioCorriente &  
VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1, VFA$ValorAsignadoCorriente - VFA$MaxAsignacionMpioCorriente, 0))  
  
#2. Iteración para distribuir volúmenes que superen el máximo el municipio  
index = VFA$SobranateCorriente > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioCte < 1  
SumaSobranateCorriente <- sum(VFA$SobranateCorriente[index], na.rm=TRUE)  
index = VFA$SobranateDiesel > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1  
SumaSobranateDiesel <- sum(VFA$SobranateDiesel[index], na.rm=TRUE)  
  
while(SumaSobranateCorriente > 0) {  
  if(SumaSobranateCorriente==0)  
    {break}  
  else{  
    VFA <- limiteSupCorriente(VFA)  
    index = VFA$SobranateCorriente > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioCte < 1  
    SumaSobranateCorriente <- sum(VFA$SobranateCorriente[index], na.rm=TRUE)  
  }  
}  
  
SumaSobranateDiesel = sum(VFA$SobranateDiesel, na.rm=TRUE)  
while(SumaSobranateDiesel > 0) {  
  if(SumaSobranateDiesel==0)  
    {break}  
  else{  
    VFA <- limiteSupDiesel(VFA)  
    index = VFA$SobranateDiesel > 0 & VFA$PartBaseVolumMpioDiesel < 1  
    SumaSobranateDiesel <- sum(VFA$SobranateDiesel[index], na.rm=TRUE)  
  }  
}  
  
#3. Recupera los códigos de municipio originales que se agruparon en áreas metropolitanas para hacer la asignación  
#VFA$CodMunicipioFronteras <- VFA$CopiaCodMpio  
  
message("El cálculo de valor asignado ha sido calculado con éxito")  
VFA  
}
```

**Rutina limiteSupCorriente y limiteSupDiesel:** Son convocadas desde la rutina IteracionValorAsignado cuando se identifican estaciones que cuentan con valores asignados mayores a los permitidos en el municipio. Estas rutinas calculan los porcentajes de redistribución por tipo de combustible para asignar los sobrantes a las estaciones que no han llegado al límite. Para ello aplica las siguientes fórmulas:

V1	Suma de los excedentes por municipio
V2	Denominador para calcular los porcentajes de redistribución, se calcula como: $1 - \text{Suma de los \% de distribución por municipio correspondientes a las estaciones con excedente}$
V3	Porcentaje de distribución sobre la base volumétrica por estación
V4	Valor asignado a la estación que no excede el límite
Fórmula	$V4 + (V1 * (V3 / V2))$

La rutina le asigna el máximo valor permitido en el municipio a las estaciones que superan el límite, vuelve a calcular los restantes y devuelve el dataframe a la rutina padre que se encarga de identificar si se requieren más iteraciones o no.

```
limiteSupCorriente <- function(LSC){
#Devuelve la suma sobranteCorriente
#revisa identifica las estaciones cuyo valor asignado es mayor al máximo del municipio
#y redistribuye el saldo de manera proporcional en el resto de estaciones del municipio

#1. Genera una tabla con las estaciones que superan el límite máximo entre el valor asignado y el máximo
#para el municipio
LimiteSCorriente = subset(LSC, LSC$SobranteCorriente > 0 & LSC$PartBaseVolumMpioCte < 1,
select=c(CodMunicipioFronteras, SICOM,
ValorAsignadoCorriente, PartBaseVolumMpioCte, SobranteCorriente))

#2. Genera una tabla con la suma de los sobrantes y los porcentajes de distribución por municipio para Diesel
SobrantePorcCorriente = aggregate(cbind(SobranteCorriente, PartBaseVolumMpioCte) ~ CodMunicipioFronteras,
FUN = sum, data = LimiteSCorriente)

#3. Calcula el porcentaje que se debe utilizar en la redistribución
#Fórmula: 1 - Suma(% participación de estaciones con sobrantes)
SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte = replace(SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte,
SobrantePorcCorriente$SobranteCorriente > 0, (1-SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte))

#3. Asigna el sobrante de manera proporcional sólo a las estaciones antiguas cuyo valor asignado es menor
#al límite municipal
for (i in 1:nrow(SobrantePorcCorriente)) {
Mpio = SobrantePorcCorriente$CodMunicipioFronteras[i]
Sobrante = SobrantePorcCorriente$SobranteCorriente[i]
BasePorcNormal = SobrantePorcCorriente$PartBaseVolumMpioCte[i]
index = LSC$CodMunicipioFronteras == Mpio & LSC$SobranteCorriente==0 & LSC$ValorAsignadoCorriente <
LSC$MaxAsignacionMpioCorriente & LSC$EstacionNueva == "No"
LSC$ValorAsignadoCorriente[index] = LSC$ValorAsignadoCorriente[index] +
(Sobrante * (LSC$PartBaseVolumMpioCte[index]/BasePorcNormal))
}

#4. Reemplaza el valor asignado de las estaciones que entraron a la iteración con el valor máximo asignado
#al municipio
LSC$SobranteCorriente = replace(LSC$SobranteCorriente , is.na(LSC$SobranteCorriente ),0)
index = LSC$SobranteCorriente > 0
LSC$ValorAsignadoCorriente[index] = LSC$MaxAsignacionMpioCorriente

#5. Vuelve a calcular los restantes
LSC$ValorAsignadoCorriente = replace(LSC$ValorAsignadoCorriente , is.na(LSC$ValorAsignadoCorriente),0)

LSC$SobranteCorriente = 0
index = LSC$ValorAsignadoCorriente > LSC$MaxAsignacionMpioCorriente
LSC$SobranteCorriente[index] = LSC$ValorAsignadoCorriente[index]-LSC$MaxAsignacionMpioCorriente[index]

#Devuelve el objeto con la redistribucion
LSC
}
```

**Rutina AreasMetropolitanas:** Asigna un mismo código DANE al grupo de municipios que deban ser tratados como si fueran un único municipio. Cuando se termina la asignación, la aplicación se encarga de reasignar los códigos DANE originales.

```
AreasMetropolitanas <- function(AVA) {  
  #Se toman 6 municipios del área metropolitana de Norte Santander y se dejan con un mismo código  
  
  #1. Genera un copia de la variable CodMunicipioFronteras  
  AVA <- mutate(AVA, CopiaCodMpio = as.numeric(AVA$CodMunicipioFronteras))  
  
  #2. Reemplaza los códigos de municipio requeridos por un mismo código  
  AVA$CodMunicipioFrontera <- replace(AVA$CodMunicipioFrontera, (AVA$CopiaCodMpio == 54261 |  
    AVA$CopiaCodMpio == 54405 |  
    AVA$CopiaCodMpio == 54553 |  
    AVA$CopiaCodMpio == 54673 |  
    AVA$CopiaCodMpio == 54874), 54001)  
  
  AVA  
}
```



**Rutina CrearDirectorio:** Para efectos de contar con una copia de la información utilizada en cada ejercicio de asignación, la aplicación genera un subdirectorio con la fecha, hora, minutos y segundos del momento en el que se genera la tabla final de resultados. Esta rutina se encarga de la creación de dicho directorio, de copiar las tablas de datos utilizadas y de exportar a formato Excel la tabla con la asignación final, este archivo de resultados puede ser abierto desde el archivo de Excel que ejecuta la aplicación.

```
CrearDirectorio <- function(VFA,dirTrabajo){
#Crea el directorio con los archivos de entrada utilizados para el cálculo y la tabla con los valores asignados.

#1. Captura fecha y hora del sistema
fh <- ymd_hms(Sys.time())
mes = as.character(ifelse(nchar(month(fh))>1,month(fh),paste0("0",month(fh))))
dia = as.character(ifelse(nchar(day(fh))>1,day(fh),paste0("0",day(fh))))
hor = as.character(ifelse(nchar(hour(fh))>1,hour(fh),paste0("0",hour(fh))))
min = as.character(ifelse(nchar(minute(fh))>1,minute(fh),paste0("0",minute(fh))))
seg = as.character(ifelse(nchar(second(fh))>1,second(fh),paste0("0",second(fh))))

#2. Crea el directorio para guardar los archivos utilizados y la tabla de resultados
nombre_directorio <- paste0(dirTrabajo, "Resultados/Resul_", year(fh), mes, dia, "_",hor, min, seg)
dir.create(nombre_directorio)
dir.create(paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada"))

#3. Copia los archivos utilizadas para el cálculo

CRutaTabla1 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T1_ListaEstaciones.xlsx")
CRutaTabla2 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T2_ComprasMensuales.xlsx")
CRutaTabla3 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T3_CapacidadAlmacenamiento.xlsx")
CRutaTabla4 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T4_Regiones.xlsx")
CRutaTabla5 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T5_TablaRotacion.xlsx")
CRutaTabla6 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T6_MunicipiosMaximaRotacion.xlsx")
CRutaTabla7 <- paste0(nombre_directorio,"/TablasEntrada/T7_MunicipiosVolumenAsignado.xlsx")

file.copy(RutaTabla1, CRutaTabla1)
file.copy(RutaTabla2, CRutaTabla2)
file.copy(RutaTabla3, CRutaTabla3)
file.copy(RutaTabla4, CRutaTabla4)
file.copy(RutaTabla5, CRutaTabla5)
file.copy(RutaTabla6, CRutaTabla6)
file.copy(RutaTabla7, CRutaTabla7)

#4. Genera la tabla de asignación
TablaAsignación <- select(VFA,
SICOM,
EstacionNueva,
CodMunicipioFrontera,
Departamento,
Municipio,
NombreRegion,
ValorAsignadoDiesel,
ValorAsignadoCorriente)

nombre_archivo <- paste0(nombre_directorio,"/TablaAsignacion_", year(fh), mes, dia, "_",hor, min, seg,".xlsx")
write_xlsx(TablaAsignación,nombre_archivo)

#5. Genera un archivo TXT con la ruta del archivo generado, esto archivo es utilizado desde Excel para abrir la tabla
write.csv(nombre_archivo, file = "RutaArchivo.csv", row.names = FALSE)

mensaje = paste0("El proceso de asignación de volúmenes ha terminado con éxito, puede ver la archivo de asignaciones en
}
```

## ANEXO 8 – PERIODO DE TIEMPO DE LAS COMPRAS DE COMBUSTIBLE PARA DETERMINAR LA BASE VOLUMÉTRICA PARA LA DISTRIBUCIÓN ENTRE EDS.

---

## A8.1 OBJETIVO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente anexo describe el ejercicio matemático que busca determinar el periodo de tiempo apropiado para implementar en la metodología de distribución de cupo entre EDS a nivel municipal. El objetivo específico del análisis es entender el grado de (di) similitud en el comportamiento de los submercados (municipios) para los años 2019-2020 y el cuarto trimestre del año 2020 (2020\_4) a través de un análisis de correlaciones de Pearson, donde la unidad de análisis es la participación (de ahora en adelante share) de la estación de servicio SICOM respecto al submercado en el que opera, es decir el municipio para cada periodo. El análisis de correlaciones de Pearson arroja un valor entre -1 y 1 que corresponde al coeficiente (grado) de correlación, en donde la unidad indica correlación perfecta. El análisis se realiza para ambos tipos de combustibles, corriente y diésel, tanto a nivel nacional como a nivel de subregión. Los hallazgos globales indican que la correlación entre los años 2019 y 2020 es de 97.37%, ligeramente mayor a lo observado entre los periodos 2019 y 2020\_4 (96.6%) pero menor a lo obtenido en la relación 2020 – 2020\_4 de 99.3% a nivel nacional. A continuación, se presenta el desarrollo matemático de forma detallada.

## A8.2 DESARROLLO MATEMÁTICO DE LA ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE

A partir de la información de Despachos (2019) se busca estimar el share del submercado para cada código SICOM de una EDS disponible en la base. El share de submercado se define como la proporción de despachos de la EDS  $i$  respecto al total de despachos en el municipio  $j$  en la ventana de tiempo (periodo)  $T$ . Matemáticamente, esta relación puede definirse como:

$$DespachosTotales_{i,j,T} = \sum_{t=1}^k despachos_{i,j,t}$$
$$Share_{i,j,T} = \frac{DespachosTotales_{i,j,T}}{\sum_{i'=1}^n DespachosTotales_{i',j,T}}$$

Donde:

$$t \in T, \quad \& T = [2019, 2020, 2020_4] \rightarrow (\text{Periodo analizado})$$

$k$  = Número de días en el periodo analizado.

$$k = \begin{cases} 365 & \text{si } T[2019,2020] \\ 91 & \text{si } T = 2020_4 \end{cases}$$

$n =$  Número de EDS en el municipio  $j$ .

La matriz que se muestra a continuación contiene los resultados de las estaciones de servicio para el municipio de Villa del Rosario en Norte de Santander a manera de ilustración:

**Cuadro A8.1- Share de mercado para diferentes periodos – Villa del Rosario**

SICOM	SHARE					
	GASOLINA CORRIENTE			DIÉSEL		
	2019	2020	2020_4	2019	2020	2020_4
632893	47%	38%	35%	35%	26%	29%
636583	0%	14%	13%	0%	3%	6%
632892	30%	27%	29%	53%	54%	52%
635951	23%	21%	22%	12%	16%	13%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019) y 2020)

Finalmente, a partir de la matriz de share para los diferentes periodos se procede a estimar la matriz de correlaciones de Pearson entre los diferentes periodos, que se define como:

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Donde  $x$  &  $y$  son los vectores de share de las EDS de un municipio en dos periodos de tiempo.

$X_i$  y  $Y_i =$  Share de la EDS  $i$  en los dos periodos de tiempo.

$\sigma_x$  y  $\sigma_y =$  Desviaciones estándar de los share de los dos periodos de tiempo.

$\bar{X}$  y  $\bar{Y} =$  Promedio de los share de los dos periodos de tiempo.

La matriz resultante muestra la correlación entre las 3 combinaciones de periodos (2019-2020, 2019-2020\_4, 2020-2020\_4) y el valor final se interpreta en términos porcentuales (porcentaje de correlación). El análisis de correlaciones se repite restringiendo la muestra a las estaciones de servicio de cada subregión propuesta para así tener un análisis desagregado y comparable. Finalmente, el criterio de selección consiste simplemente en analizar el porcentaje de correlación entre periodos para cada tipo de combustible y subregión. Si la correlación es muy alta para todos los periodos, el periodo utilizado no afecta en mayor proporción la estimación metodológica por lo que se sugiere utilizar la información más reciente. Si la correlación con el periodo 2020\_4 (periodo de normalización por COVID-19) es muy alta se opta por el periodo anual ya que posee mayor cantidad de información que permite una estimación más adecuada. Por su parte, si la

correlación es baja, se prefiere el periodo anterior a la situación de pandemia por COVID-19 (2019) el cual reflejaría un consumo sin distorsiones. A continuación, se presentan las matrices de correlación para cada subregión propuesta y tipo de combustible.

**Cuadro A8.2 Matrices de correlaciones: 2019(total) – 2020(total) – 2020\_4**

Total Gasolina Cte Región Norte				Total Gasolina Cte Amazonia/Orinoquia			
	Total 2019	2020-4	Total 2020		Total 2019	2020-4	Total 2020
Total 2019	1			Total 2019	1		
2020-4	0.8784	1		2020-4	0.9563	1	
Total 2020	0.92	0.9782	1	Total 2020	0.9634	0.9916	1
Total Gasolina Cte Región Pacífico				Total Gasolina Cte Nariño y Putumayo			
	Total 2019	2020-4	Total 2020		Total 2019	2020-4	Total 2020
Total 2019	1			Total 2019	1		
2020-4	0.8914	1		2020-4	0.9545	1	
Total 2020	0.9259	0.9807	1	Total 2020	0.9651	0.9915	1
Total Gasolina Cte Ruta del Sol				Total diésel Región Pacífico			
	Total 2019	2020-4	Total 2020		Total 2019	2020-4	Total 2020
Total 2019	1			Total 2019	1		
2020-4	0.8617	1		2020-4	0.5562	1	
Total 2020	0.9194	0.9731	1	Total 2020	0.6443	0.9614	1
Total diésel Nariño y Putumayo				Total diésel Ruta del Sol			
	Total 2019	2020-4	Total 2020		Total 2019	2020-4	Total 2020
Total 2019	1			Total 2019	1		
2020-4	0.9069	1		2020-4	0.9211	1	
Total 2020	0.9226	0.9873	1	Total 2020	0.9386	0.9815	1
Total diésel región Norte				Total diésel Amazonía/Orinoquia			
	Total 2019	2020-4	Total 2020		Total 2019	2020-4	Total 2020
Total 2019	1			Total 2019	1		
2020-4	0.8417	1		2020-4	0.9186	1	
Total 2020	0.9399	0.8941	1	Total 2020	0.9244	0.9804	1

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019) y 2020)

## ANEXO 9 - DÍAS PROMEDIO DE ALMACENAMIENTO OPERATIVO POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN PARA FIJAR LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE ALMACENAMIENTO.

---

## A9.1 OBJETIVO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente anexo describe el ejercicio matemático que permite analizar el número de días promedio de almacenamiento operativo para cada estación de servicio en las zonas de frontera del país (ZDF). A partir del resultado individual se estima el almacenamiento operativo promedio a nivel departamental (incorporando únicamente aquellos municipios en ZDF) y de las subregiones propuestas con el objetivo de establecer los determinantes del factor de almacenamiento en la metodología de distribución de cupos a nivel EDS, que corresponde al 20%. El análisis se realiza para ambos tipos de combustibles, corriente y diésel. Los resultados indican que, a nivel departamental, se tiene un promedio simple de 12.95 días de rotación para el caso de gasolina Corriente y 13.74 días para el caso de Diésel, los resultados detallados se muestran en el cuadro A9.2. A continuación, se presenta el ejercicio matemático realizado.

## A9.2 DESARROLLO MATEMÁTICO DE LA ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE

A partir de la información de Despachos (2019) se busca estimar el número de días de despachos efectivos (reportados) anuales para cada SICOM disponible en la base. Dada esta información, se calcula el número promedio de despachos efectivos además de su desviación estándar para cada departamento y subregión definidos. Finalmente, a partir del promedio de despachos para cada unidad de análisis y su desviación correspondiente, es posible calcular el número de días promedio entre despachos que se resume como la rotación promedio de inventarios para dicho departamento o subregión analizada. La presente sección desarrolla los pasos para la estimación del número de rotación promedio:

1. A partir de la información de Despachos (2019) se procede a transformar la base de tal manera que se tengan las EDS (SICOM) como filas y cada uno de los 365 días del año como columnas. Utilizando la función de conteo, se obtiene una nueva columna llamada número de compras totales, nuestra variable de interés. El cuadro A9.1 presenta, a manera de ilustración, la matriz resultante de gasolina corriente para el municipio de Tame, en Arauca.

**Cuadro A9.1 - Matriz de despachos diarios – Tame, Arauca**

SICOM	1- ENERO	2 - ENERO	.....	.....	.....	31 - DICIEMBRE	NO. COMPRAS TOTAL
630702		2235		3085	850	2235	141
630703		2240		3310			114
630704		1845	1845	1845			98
630705		6040		6925			61
630706		4000		2120			82
630707			3595			3595	110
630708		1990	2015	4015		1025	199
634483		3940			4631		56
636329			2201		4120		95
636559		2085	3110	2940	1990		92

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019) y 2020)

2. A partir de la estimación del número de compras total se procede a calcular el promedio de compras para cada subregión y departamento, además de su desviación estándar correspondiente, así:

$$\text{Promedio de Compras Anuales}_{d,c} = \frac{\sum \text{No. Compras Total}_{i,d,c}}{n_{d,c}}$$

$$\text{Desv. Est.}_{d,c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{No. Compras Total}_{i,d,c} - \text{Promedio de Compras Anuales}_{d,c})^2}{n}}$$

Donde:

$i = \text{EDS}$ ,

$d = \text{unidad de análisis (subregión o departamento)}$

$c = \text{tipo de combustible (corriente o diésel)}$

$n = \text{número de EDS en la unidad de análisis}$

3. Finalmente, se calcula el número de días promedio entre despachos (rotación de inventarios) así:

$$\text{Días de rotación de inventario}_d = \frac{365}{\text{Promedio de Compras Anuales}_d - 0.5(\text{Desv. Est}_d)}$$



**Cuadro A9.2 - Días de rotación observados por unidad de análisis**

UNIDAD DE ANÁLISIS	NO. COMPRAS			PROMEDIO DIARIO + 0.5 DESV. EST.	COMBUSTIBLE
	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	365/PROMEDIO		
Boyacá	76.33	64.78	4.78	4.78	CORRIENTE
Cesar	83.37	50.96	4.38	6.31	
Chocó	92.54	50.43	3.94	5.42	
La Guajira	87.43	68.36	4.17	6.86	
Nariño	58.20	63.18	6.27	13.71	
Norte de Santander	149.82	76.34	2.44	3.27	
Arauca	46.93	52.56	7.78	17.67	
Putumayo	63.04	36.88	5.79	8.18	
Amazonas	120.71	66.84	3.02	4.18	
Guainía	187.33	13.05	1.95	2.02	
Vaupés	35.67	24.50	10.23	15.59	
Región Norte	109.78	75.00	3.32	5.05	
Ruta del Sol	84.29	54.39	4.33	6.39	
Amazonía/Orinoquía	66.83	61.46	5.46	10.11	
Región al Pacífico	47.04	56.29	7.76	19.32	
Nariño/Putumayo	64.91	60.75	5.62	10.57	
Interior sin ciudades ppales.	94.16	71.13	3.88	6.23	
Nariño con acceso carretera	65.46	66.16	5.58	11.27	
Nariño con acceso fluvial	40.70	51.76	8.97	24.63	
Boyacá	40.33	24.03	9.05	12.89	
Cesar	95.33	71.37	3.83	6.12	
Chocó	17.07	20.19	7.78	52.34	
La Guajira	53.53	26.05	10.23	9.01	
Nariño	30.31	27.03	6.27	21.73	
Norte de Santander	104.99	77.47	3.48	5.51	
Arauca	85.47	54.42	4.27	6.27	
Putumayo	48.80	37.43	7.48	12.13	
Amazonas	81.57	62.90	4.47	7.28	
Guainia	124.67	69.22	5.79	8.18	
Vaupés	35.67	24.50	10.23	15.59	
Región Norte	76.39	59.47	4.78	7.82	
Ruta del Sol	105.34	78.12	3.47	5.51	
Amazonía/Orinoquia	82.00	55.95	4.45	6.76	
Región al Pacífico	12.53	12.45	29.13	57.90	
Nariño/Putumayo	40.28	32.67	9.06	15.25	
Interior del País	91.51	71.28	3.99	6.53	
Nariño con acceso carretera	34.76	27.88	10.50	17.53	
Nariño con acceso fluvial	11.61	10.11	31.44	55.68	

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019) y 2020)

## ANEXO 10 - DISTRIBUCIONES DE LAS COMPRAS DE COMBUSTIBLE DE LAS EDS, TOTAL Y POR REGIONES, PARA LA DETERMINACIÓN DE LÍMITES SUPERIORES.

---

## A10.1 OBJETIVO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente anexo describe el ejercicio matemático que permite analizar el total de compras mensuales (en galones) por EDS para así calcular la distribución por percentiles de la variable a nivel de subregión y la proporción de estaciones que superan el límite superior establecido de 220,000 y 320,000 galones con el objetivo de analizar la pertinencia de la cota. El análisis se realiza para ambos tipos de combustible, corriente y diésel, para 2019. Los resultados indican que, a nivel nacional, el 2.59% de las EDS superan el límite de 220,000 galones mensuales, los resultados detallados para cada subregión propuesta se resumen en los cuadros A10.1, A10.2 y A10.3. A continuación, se presenta el ejercicio matemático de forma detallada.

## A10.2 DESARROLLO MATEMÁTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS

Como se menciona, el objetivo del análisis es entender la distribución de despachos mensuales para cada una de las subregiones propuestas. Para esto, se propone la siguiente metodología:

1. A partir de la información de (Despachos, 2019) se procede a transformar la base de tal manera que se tengan las EDS (SICOM) como filas y cada uno de los 365 días del año como columnas. A partir de esta matriz, se obtiene una nueva columna llamada Despachos Totales, que es simplemente la suma horizontal de despachos diarios para cada SICOM dividido entre 12 para obtener un dato mensual, es decir:

$$DespachosTotalesMensuales_{i,j,c} = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{365} despachos_{i,j,t}$$

Donde,

$$i = EDS, j = subregión, c = tipo de combustible,$$

2. Se construye una variable categórica:

$$Categoría_{i,j,c} \begin{cases} 1 & \text{si } DespachosTotalesMensuales_{i,j,c} < 220,000 \\ 2 & \text{si } 220,000 \leq DespachosTotalesMensuales_{i,j,c} \leq 320,000 \\ 3 & \text{si } DespachosTotales_{i,j,c} > 320,000 \end{cases}$$

3. A partir de la categorización y utilizando la función de conteo del paquete estadístico utilizado se contabiliza el número de EDS por categoría, truncado al combustible y periodo analizado. Este proceso se realiza para todas las subregiones y los dos tipos de combustibles. Finalmente, la proporción de EDS que superan el límite resultan del cociente entre el número total de EDS en las categorías 2-3 y el número total de EDS (1-2-3) para cada subregión y combustible analizado. El cuadro A10.1 resume los resultados a nivel de subregión, para la suma de los dos combustibles y por combustible.

**Cuadro A10.1 - Número de estaciones por categoría, subregión y combustible**

NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO POR DESPACHOS MENSUALES - SUMA DE LOS DOS COMBUSTIBLES								
Despachos mensuales \ Subregión	Región Norte	Amazonía y Orinoquía	Región al Pacífico	Nariño y Putumayo	Interior del País	Ciudades Ppales.	Ruta del Sol	Total
Despachos < 220,000	437	209	487	3521	769	117	24	5,564
220,000<Despachos<320,000	12	0	0	32	23	2	0	69
Despachos>320,000	1	0	0	14	3	0	0	18
<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>209</b>	<b>487</b>	<b>3567</b>	<b>795</b>	<b>119</b>	<b>24</b>	<b>5,651</b>
% (220,000 + 320,000)	2.89%	0.00%	0.00%	1.29%	3.27%	1.68%	0.00%	1.54%
NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO POR DESPACHOS MENSUALES - GASOLINA CORRIENTE 2019								
Despachos mensuales \ Subregión	Región Norte	Amazonía y Orinoquía	Región al Pacífico	Nariño y Putumayo	Interior del País	Ciudades Ppales.	Ruta del Sol	Total
Despachos < 220,000	387	23	159	449	3,424	706	101	5,249
220,000<Despachos<320,000	1	0	0	0	4	16	0	21
Despachos>320,000	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>Total</b>	<b>388</b>	<b>23</b>	<b>159</b>	<b>449</b>	<b>3428</b>	<b>722</b>	<b>101</b>	<b>5288</b>
% (220,000 + 320,000)	0.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	2.22%	0.00%	0.74%
NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO POR DESPACHOS MENSUALES - DIESEL 2019								
Despachos mensuales \ Subregión	Región Norte	Amazonía y Orinoquía	Región al Pacífico	Nariño y Putumayo	Interior del País	Ciudades Ppales.	Ruta del Sol	Total
Despachos < 220,000	414	23	92	410	3,437	775	105	5,256
220,000<Despachos<320,000	2	0	0	0	16	8	2	28
Despachos>320,000	0	0	0	0	12	4	1	17
<b>Total</b>	<b>416</b>	<b>23</b>	<b>92</b>	<b>410</b>	<b>3465</b>	<b>787</b>	<b>108</b>	<b>5301</b>
% (220,000 + 320,000)	0.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.81%	1.52%	2.78%	0.85%

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

4. Matemáticamente, el cálculo de las distribuciones por percentiles se estima como:

$$Posición_{i,j,c} = \frac{i(n+1)}{100}$$

Donde,

$i = \text{Percentil} \in [1,2, \dots, 99]$

$n = \text{Número de estaciones de servicio en la subregión} .$

El cálculo realizado arroja la posición del valor de los Despachos Mensuales que corresponden al percentil “i” de la subregión “j” y combustible “c”. Dicho valor es el reportado en la tabla de resumen de distribución por percentiles. En la práctica, la estimación por percentiles se realiza de forma automática utilizando la fórmula o comando correspondiente. Para el caso particular del presente análisis se ha utilizado el paquete estadístico STATA a partir del comando “sum DespachosTotalesMensuales, detailed” restringiendo la muestra sobre cada una de las subregiones de forma individual. Este proceso puede ser replicado en hojas de cálculo como EXCEL, en cuyo caso se utiliza la fórmula PERCENTIL.EXC() aunque el cálculo debe ser realizado para cada uno de los percentiles relevantes (1,5,10,25,50,75,90,95,99). Los cuadros A10.2 y A10.3 resumen los resultados a nivel de subregión para gasolina corriente y ACPM respectivamente.

### Cuadro 10.2 - Número de estaciones por categoría y subregión: Gasolina corriente

INTERIOR DEL PAÍS					RUTA DEL SOL				
Percentiles		Smallest			Percentiles		Smallest		
1%	460	65			1%	300	298		
5%	2545	67			5%	1667	300		
10%	4291	83.33333	Obs	3428	10%	3778	883.8333	Obs	101
25%	8975	91.66667	Sum of Wgt.	3428	25%	6237	1170.417	Sum of Wgt.	101
50%	18201	Mean		26438	50%	12927	Mean		16050
		Largest	Std. Dev.	26067			Largest	Std. Dev.	12654
75%	34998	234772			75%	20962	46776		
90%	58689	254198.2	Variance	6.80E+08	90%	33225	47667.5	Variance	1.60E+08
95%	75953	255563.3	Skewness	3	95%	43358	55608.75	Skewness	1
99%	122350	303954.8	Kurtosis	15	99%	55609	57529.58	Kurtosis	4
REGIÓN NORTE					AMAZONIA/ORINOQUIA				
Percentiles		Smallest			Percentiles		Smallest		
1%	128	86			1%	3083	3083		
5%	449	92			5%	3214	3214		
10%	1037	101.5	Obs	388	10%	3922	3922.333	Obs	23
25%	3890	127.8333	Sum of Wgt.	388	25%	8915	4507.833	Sum of Wgt.	23
50%	10360	Mean		24428	50%	16280	Mean		25966
		Largest	Std. Dev.	39019			Largest	Std. Dev.	23971
75%	26520	202789			75%	33593	66441		
90%	68837	203618.3	Variance	1.52E+09	90%	72325	72324.5	Variance	5.75E+08
95%	104963	217000.6	Skewness	3	95%	72632	72631.5	Skewness	1
99%	202789	259166.8	Kurtosis	13	99%	73707	73706.83	Kurtosis	3
REGION AL PACIFICO					NARIÑO Y PUTUMAYO				
Percentiles		Smallest			Percentiles		Smallest		
1%	295	183			1%	283	139		
5%	766	295			5%	1925	250		
10%	2261	294.6667	Obs	159	10%	3658	266.6667	Obs	449
25%	4260	297.5833	Sum of Wgt.	159	25%	5785	280.9167	Sum of Wgt.	449
50%	5358	Mean		7160	50%	10187	Mean		15626
		Largest	Std. Dev.	7994			Largest	Std. Dev.	16753
75%	7499	26566			75%	18418	85671		
90%	12020	29945.83	Variance	6.39E+07	90%	34044	87810.5	Variance	2.81E+08
95%	17663	49317.5	Skewness	5	95%	49524	117586.5	Skewness	3
99%	49318	76239	Kurtosis	41	99%	83668	131974.4	Kurtosis	14

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)

### Cuadro A10.3 - Número de estaciones por categoría y subregión: Diésel

DISTRIBUCIÓN DE LOS DESPACHOS MENSUALES - DIÉSEL 2019							
INTERIOR DEL PAÍS				REGIÓN NORTE			
Percentiles		Smallest		Percentiles		Smallest	
1%	208	0		1%	376	263	
5%	1018	0		5%	2933	296	
10%	1874	0	Obs 3465	10%	4864	303.75	Obs 416
25%	4657	0	Sum of Wgt. 3465	25%	8359	365	Sum of Wgt. 416
50%	11848	Mean	24848	50%	13214	Mean	24489
		Largest	Std. Dev. 41244			Largest	Std. Dev. 34495
75%	28190	443932		75%	24103	196780	
90%	56601	455458.3	Variance 1.70E+09	90%	52918	204148.3	Variance 1.19E+09
95%	86066	460909.2	Skewness 5	95%	89117	220110.5	Skewness 3
99%	206297	644791.7	Kurtosis 45	99%	188097	228289.2	Kurtosis 16
RUTA DEL SOL				AMAZONÍA/ORINOQUÍA			
Percentiles		Smallest		Percentiles		Smallest	
1%	715	250		1%	1068	1068	
5%	1383	715		5%	1295	1295	
10%	3874	1051.75	Obs 108	10%	1417	1416.667	Obs 23
25%	15143	1194.667	Sum of Wgt. 108	25%	2678	2132.333	Sum of Wgt. 23
50%	43305	Mean	60163	50%	6542	Mean	7987
		Largest	Std. Dev. 60318			Largest	Std. Dev. 5876
75%	80639	178112		75%	12431	14516	
90%	132288	225825.4	Variance 3.64E+09	90%	16915	16915.25	Variance 3.45E+07
95%	165357	273446.3	Skewness 2	95%	18808	18807.92	Skewness 1
99%	273446	379264.2	Kurtosis 10	99%	19547	19547.25	Kurtosis 2
REGIÓN AL PACÍFICO				NARIÑO Y PUTUMAYO			
Percentiles		Smallest		Percentiles		Smallest	
1%	0	0		1%	125	0	
5%	68	0		5%	292	74	
10%	100	0	Obs 92	10%	663	86	Obs 410
25%	417	68.33333	Sum of Wgt. 92	25%	1666	110.5	Sum of Wgt. 410
50%	1361	Mean	2296	50%	3972	Mean	10014
		Largest	Std. Dev. 2861			Largest	Std. Dev. 16289
75%	2536	10038		75%	10087	81532	
90%	6001	10516.67	Variance 8.18E+06	90%	25804	86261.83	Variance 2.65E+08
95%	8805	11400.83	Skewness 2	95%	47477	86787.33	Skewness 3
99%	15833	15833.33	Kurtosis 9	99%	78142	119819.1	Kurtosis 14

Fuente: Cálculos propios con base en información (Despachos, 2019)