



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Optimización de la red de distribución de  
gasolina en Azcapotzalco**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Industrial**

**P R E S E N T A N**

Nydia Lizeth Rojas Mejía  
Alberto Alan Gómez Hernández

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Esther Segura Pérez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**

## **Agradecimientos**

A mi madre: por todos estos años dedicados a mi, no solo como profesionalista, sino como ser humano. Gracias por todos esos detalles, desde el más íntimo, hasta el más grande. Todos y cada uno de ellos me impulsaron a seguir adelante para llegar a donde estoy ahora. Gracias por ser uno de los grandes amores de mi vida y por continuar el plan de vida que mi padre no pudo terminar. Este es un paso más de un gran camino por recorrer.

A mi padre: porque detrás de tu silencio, siempre guardaste el amor de un padre que luchaba por darle lo mejor a su familia. Hoy, ante tu ausencia, mi madre y yo trabajamos juntos para cumplir todos esos sueños que en vida no pudiste cumplir. Hoy, ante tu ausencia te ofrezco este trabajo como un reconocimiento póstumo al esfuerzo que siempre hiciste por verme triunfar. Sin ti nada de lo que soy, tengo y he hecho sería posible. Gracias, padre y en mi corazón y en mi mente solo perdurarán las grandes enseñanzas y el rostro humano de ese hombre increíblemente fuerte que siempre fuiste ante toda circunstancia. Donde quiera que estés.

A mis hermanos: por regalarme el amor y el apoyo de los mejores amigos que son. Mi vida ha sido feliz gracias a que ustedes han estado ahí para mí. Ustedes que en lugar de juzgarme, me alientan a ser cada día mejor humano, hermano, hijo, tío y amigo. Los amo con toda mi alma, Sonia, Erika y Alexander y sepan que este trabajo también es gracias a ustedes que siempre me retaron a ser mejor y no dejar pasar las oportunidades que solo una vez en la vida se dan.

**Alan**

## **Agradecimientos**

Primero que nada, quiero darle las gracias a la Doctora Esther, quien fue nuestra guía para poder hacer realidad este trabajo, gracias por su tiempo, su dedicación, sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis padres, quienes siempre me apoyaron y siempre estuvieron ahí presentes en todos los aspectos de mi vida. Agradezco infinitamente la oportunidad que me dieron para estudiar y convertirme en una profesionista. Muchas gracias por todo su amor, confianza y apoyo incondicional. Sin ustedes no hubiera podido llegar hasta donde estoy ahora. Consideren este logro como suyo.

A mi abuelita: quien siempre me alentaba a ser una mejor persona, quien siempre me daba sus consejos y me animaba para que fuera una mujer profesionista que se valiera por sí misma, quiero que te sientas orgullosa de mí en donde quiera que estés.

A mi hermana, espero que a través de este logro te proyectes y sigas mis pasos. Este trabajo es para decirte que “si lo quieres, lo puedes hacer” y que con perseverancia puedes hacer tus sueños realidad.

A Alejandro, gracias por siempre estar a mi lado apoyándome para culminar este logro tan importante.

**Nydia**

# Índice General

<b>1 Marco General.....</b>	<b>6</b>
1.1 Introducción .....	6
1.2 Antecedentes .....	7
1.3 Planteamiento del problema .....	8
1.4 Objetivos del proyecto .....	10
1.4.1 Objetivos específicos.....	10
1.5 Preguntas de Investigación.....	11
1.6 Justificación.....	12
1.7 Alcances y Limitaciones .....	13
1.8 Hipótesis.....	13
<b>2 Marco Conceptual.....</b>	<b>14</b>
2.1 Logística.....	14
2.2 Investigación de Operaciones.....	15
2.3 Programación Lineal .....	15
2.4 El Problema de Transporte.....	16
2.5 Algoritmos heurísticos .....	18
2.6 Control de Inventarios.....	19
2.7 Método de Análisis ABC .....	21
<b>3 Metodología.....</b>	<b>23</b>
3.1 Introducción .....	23
3.2 Zona de Estudio.....	23
3.2.1 Descripción de la Zona de Estudio.....	24
3.3 Recolección de datos.....	26
3.3.1 Datos cualitativos .....	26
3.3.2 Datos cuantitativos .....	28
3.4 Análisis de la información.....	33
3.4 Análisis de la oferta.....	35
3.5 Análisis de la demanda.....	35
<b>4 Modelo .....</b>	<b>45</b>

4.1 Modelo Matemático .....	45
4.1.1 Métodos empíricos de solución.....	47
4.1.2 Costos.....	48
4.1.3 Análisis de resultados.....	54
4.1.3 Modelación matemática .....	57
<b>5 Conclusiones .....</b>	<b>65</b>
<b>6 Bibliografía .....</b>	<b>67</b>
<b>Apéndice .....</b>	<b>69</b>
Transporte de Materiales Peligrosos .....	69
Panorama sociodemográfico de Azcapotzalco.....	76
Directorio de Estaciones en Azcapotzalco .....	78
Ventas de ES 01 2015 .....	79
Colonias de la Alcaldía Azcapotzalco.....	80
Rutas establecidas del CEDIS a las ES .....	83
Tabla de Clasificación de vehículos.....	91
<b>Glosario .....</b>	<b>92</b>

# 1 Marco General

---

## 1.1 Introducción

El presente trabajo elabora un análisis de la red de distribución de gasolina por parte del Centro de Distribución (CEDIS) hasta las estaciones de servicio (ES) ubicadas en la alcaldía Azcapotzalco, en la zona Norte de la Ciudad de México, para determinar si el actual sistema que se maneja es correcto en función de los costos de distribución e inventarios, respetando los parámetros, restricciones (vialidad, capacidad de tanques en estaciones de servicio, tamaño y capacidad de flota, etc.) y manejo de inventario.

Este proyecto, a su vez, busca determinar si se percibe una reducción en los costos relacionados con la distribución de los combustibles al sustituir la flota homogénea (tipo de flota utilizado actualmente por la empresa) por flota heterogénea empleando los sistemas ya existentes. También se desea encontrar y proponer un modelo de distribución nuevo, ya sea de solución exacta o heurística, que nos permita minimizar los costos de operación totales con la finalidad de compararlo con los anteriormente analizados y elegir la solución óptima con base en el impacto de costos y la factibilidad de su implantación.

Se propone una metodología para lograr los objetivos de este trabajo; la primer etapa será la recolección y análisis de información; la segunda será la modelación por medio de programación matemática de la red de distribución actual y la propuesta de (técnicas de solución) una nueva configuración de red de distribución; y la tercera y última etapa será el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos, así como la selección de la propuesta que mejor cumpla con los objetivos del proyecto.

**Palabras Clave:** Red de Distribución, Transporte, Flota Heterogénea, Optimización, Gasolina, Modelo de Transporte.

## 1.2 Antecedentes

Tras implantación de la nueva Reforma Energética, la cual tiene como finalidad atraer inversiones y modernizar el sector energético, la llegada de empresas extranjeras a México que transporten los productos petrolíferos y petroquímicos de una manera eficiente y a bajo costo es inminente.

A pesar de que México es un país petrolero, un gran porcentaje de la gasolina consumida a nivel nacional es importada, esto como resultado principalmente del crecimiento de la demanda y de la disminución en la producción de petrolíferos, debido a la baja inversión del gobierno que impacta directamente a la infraestructura y limita la refinación del petróleo que se extrae de los pozos ubicados en las costas nacionales.

Aunado a esto, actualmente, Pemex es la única empresa en el país que se encarga de la exploración de dichos pozos y la extracción de crudo de los mismos; puesto que, hasta antes de la Reforma Energética aprobada en 2014, esta empresa descentralizada no estaba facultada por el marco jurídico para asociarse dentro del país con empresas privadas, ya sea nacionales o extranjeras, para el proceso de refinación de petróleo.

La Reforma Energética establece un nuevo modelo que permite la participación de particulares en actividades de refinación, pudiendo operar por su cuenta o en asociación con alguna empresa productiva del estado.

Con esta Reforma, la industria de la refinación se abre a la participación privada y también permite que Pemex lleve a cabo asociaciones para realizar la refinación de petróleo con privados en territorio nacional. Estas nuevas previsiones permitirán aumentar la oferta nacional de combustibles y asegurar un suministro confiable, seguro y oportuno, a precios competitivos.

Por otra parte, Pemex podrá buscar diversos socios para la construcción y operación de nuevas refinerías, nuevas terminales de almacenamiento y distribución y nuevas estaciones de servicio para los clientes finales, lo que le permitirá allegarse de capital adicional para el desarrollo y conclusión de nuevos proyectos.

En cuanto al transporte y la distribución, México no cuenta con la infraestructura suficiente ni adecuada para satisfacer los requerimientos de la demanda, esto ha originado mayores costos de transporte y con ellos, precios más altos e inclusive está restringiendo el crecimiento de la industria Petroquímica. La falta de infraestructura ha dado como resultado el que gasolinas, diésel y otros combustibles sean transportados de manera poco eficiente y a un elevado costo.

### **1.3 Planteamiento del problema**

El CEDIS, ubicado al norte de la ciudad en la Alcaldía Azcapotzalco, surte 3 tipos de combustible a 250 Estaciones de Servicio, distribuidas a lo largo de 3 alcaldías en la Ciudad de México y 15 municipios en el Estado de México. Los combustibles que distribuye son gasolina de 86 octanos, gasolina de 92 octanos y Diésel.

La Alcaldía Azcapotzalco cuenta con 19 de las 250 ES (estaciones de servicio) a las que se distribuye combustible. De estas 19 ES, 18 son estaciones abiertas a consumidores estándar y 1 se encuentra ubicada dentro de la planta de una compañía nacional de alimentos, por lo cual no será tomada en cuenta para el modelado del problema.

Actualmente el CEDIS cuenta con una flota de aproximadamente 35 auto-tanques asignados exclusivamente para abastecer las ES de la Alcaldía Azcapotzalco. Se trata de una flota homogénea cuyas unidades cuentan con una capacidad 20 mil litros cada una.

Según estimaciones, la gasolina de 86 octanos representa aproximadamente el 60% de las ventas totales en el país, por lo que, para fines prácticos, se ha decidido acotar el alcance de este trabajo a la distribución de esta gasolina.

La empresa desea saber si la inclusión de flota heterogénea en la red de distribución actual minimiza los costos totales de distribución, respetando las capacidades en los tanques de almacenamiento de las ES, satisfaciendo las demandas de los clientes finales y considerando una adecuada administración del inventario, encontrando la configuración de la red de distribución que minimiza los costos involucrados: inventarios y transporte. De



manera natural el problema que se desea resolver es un problema de Diseño de Redes de Distribución (DRD).

Con la finalidad de encontrar una solución al problema de transporte y manejo de inventarios y tomando en cuenta los antecedentes anteriormente planteados, se ha propuesto la siguiente pregunta:

¿Cuál es la configuración de la red de distribución óptima y viable para el suministro de gasolina de 86 octanos desde el CEDIS hasta las Estaciones de Servicio en la Alcaldía Azcapotzalco?

Mediante esta pregunta se tiene como objetivo obtener la siguiente información:

1. Si es posible sustituir la flota homogénea por flota heterogénea respetando el modelo de distribución y control de inventarios empleado actualmente, en función del impacto sobre los costos totales
2. Si existe una disminución o un aumento en el tiempo de distribución y en el número viajes de ida y vuelta desde el CEDIS hasta las diferentes ES de la alcaldía, al sustituir la flota homogénea por una flota heterogénea.
3. Cuáles son las principales restricciones que se nos presentan ante la iniciativa de incluir flota heterogénea (vialidades, capacidad de tanques, puntos de reorden, etc.).
4. Si es posible implementar un modelo IRP para sustituir la red de distribución que se utiliza actualmente, con la finalidad de minimizar los costos por transporte y por manejo de inventarios.

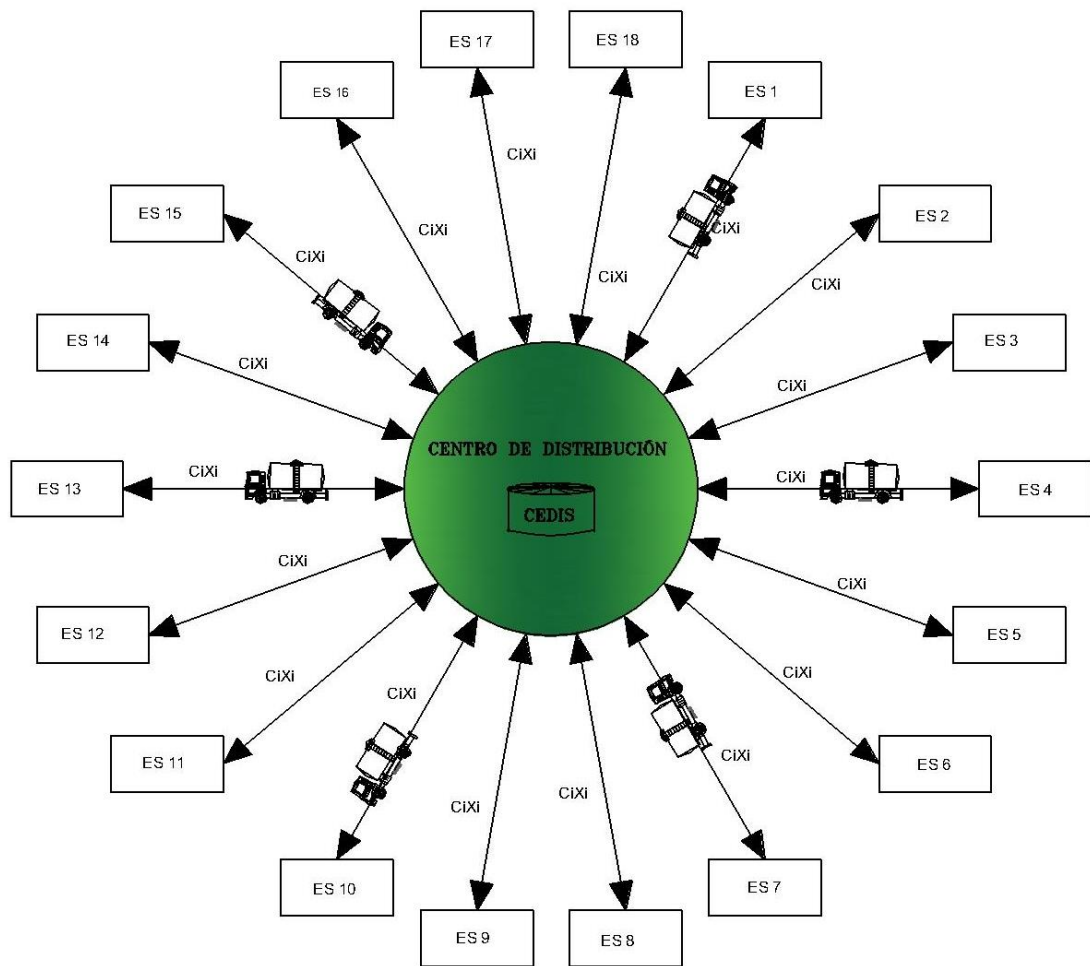


Figura 1 Representación del Problema Planteado  
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015.

## 1.4 Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es determinar si la inclusión de flota heterogénea ayuda a disminuir los costos de distribución actuales de combustibles entre el CEDIS y las ES de la alcaldía Azcapotzalco.

### 1.4.1 Objetivos específicos

Recolectar cifras puntuales sobre las demandas de gasolina en algunas ES de la Alcaldía Azcapotzalco, las capacidades de sus tanques en las ES y el tamaño de flota con que cuenta

el CEDIS para distribuir gasolinas tanto a Azcapotzalco como a otras áreas del centro del país.

Conocer, analizar y evaluar la actual red de distribución de combustibles que se usa para la alcaldía Azcapotzalco mediante la obtención de información exacta para la obtención de resultados confiables y aproximados a la realidad que nos sirvan como criterios de decisión.

Proyectar a través de un modelo matemático la configuración de la red de distribución que pueda optimizar el abastecimiento de combustibles desde el CEDIS a cada una de las ES de la Alcaldía Azcapotzalco.

Es importante tener en cuenta que durante la investigación pueden surgir objetivos adicionales, modificarse los objetivos iniciales e incluso ser sustituidos por nuevos objetivos, dependiendo de la dirección que vaya tomando la investigación.

## **1.5 Preguntas de Investigación**

Es muy importante estudiar los elementos que intervienen y afectan al proceso de distribución, con el fin de que nos facilite la resolución del problema planteado.

¿Cuál es la capacidad de los auto-tanques que se utilizan con más frecuencia para distribuir el combustible?

¿Qué tipo de combustible se transporta en esos autotanques?

¿Qué cantidad de viajes en promedio se realizan al mes entre el CEDIS y la ES para el suministro de gasolina?

¿Cuál es la capacidad de autotanque más conveniente para la distribución de gasolina?

¿Se puede implementar una flota heterogénea para la distribución de gasolina?

¿El nuevo sistema de distribución propuesto representa un ahorro significativo en los costos?

¿Es viable implementar flota heterogénea con respecto a la capacidad de los tanques de almacenamiento de las ES?

¿Es viable implementar flota heterogénea tomando en cuenta las restricciones viales establecidas para transporte de carga en la NOM-SCT-012-2014?

## **1.6 Justificación**

Con miras al futuro, el proyecto busca tener un impacto en la forma en que gasolinas terminadas y diésel son distribuidos de los CEDIS hacia las ES y en la manera de controlar los niveles de inventario en estos últimos, tanto para el actual organismo, como para las empresas extranjeras que desean ingresar en el país y competir en el mercado con dicha empresa.

Se desea obtener información exacta para analizar el actual funcionamiento de la red de distribución de gasolinas dentro la alcaldía Azcapotzalco. Esto con la finalidad de mostrar resultados a través de indicadores de eficiencia del proceso y costos totales, que nos permitan llevar a cabo un análisis adecuado.

Con base en lo anterior dos comparaciones serán factores determinantes en la toma de decisiones respecto a la red de distribución más conveniente tanto para la actual empresa como para empresas extranjeras que logren entrar al país con la finalidad de diversificar la oferta en el ramo de los combustibles a consumidores finales:

- Comparar los costos de distribución en la actual red de distribución con flota homogénea (autotanque de 20 mil litros) contra la misma red empleando flota heterogénea (20, 40 y 60 mil litros).
- Comparar los costos de usar la actual red de distribución contra sustituirla por la nueva configuración de red.

Encontrando así que el presente trabajo de investigación encuentra su justificación en los beneficios económicos que tanto el CEDIS como las ES puedan tener al implementar un nuevo sistema de distribución, ya que lo que se busca es optimizar la red de distribución, con lo cual se pretende disminuir los costos involucrados en el transporte y el control de inventarios.

## **1.7 Alcances y Limitaciones**

El alcance de esta tesis es proponer un nuevo diseño de red distribución de gasolina del CEDIS a las 18 ES ubicadas en la alcaldía Azcapotzalco. Esto con el objetivo de reducir los costos involucrados en el proceso de distribución de los combustibles, procurando tener un nivel de inventario que pueda satisfacer la demanda existente de cada ES, así como tener el stock de seguridad.

Los datos utilizados para la presente tesis como demandas fueron obtenidos de los registros históricos del año 2015, 2016, 2017 y parte del 2018 de dos ES ubicadas en la alcaldía objetivo.

## **1.8 Hipótesis**

- La sustitución de flota homogénea por flota heterogénea reducirá el número de viajes totales mensuales desde el CEDIS hacia las ES, lo cual, a su vez reducirá los costos de la operación.
- El auto-tanque con capacidad de 60 mil litros es el mas conveniente a utilizar para el suministro de gasolina, el cual disminuira el número de viajes entre el CEDIS y las ES sin quebrantar el Reglamento de Transito de la CDMX.

## 2 Marco Conceptual

---

En virtud del contexto en el que se ubica el presente proyecto de investigación resulta necesaria la utilización de una gran cantidad de conceptos, los cuales se desarrollan a continuación.

### 2.1 Logística

La palabra logística etimológicamente significa “flujo de materiales”, su origen procede de la jerga militar utilizada en la Primera Guerra Mundial como función de apoyo para el abastecimiento y control de los recursos necesarios para las actividades bélicas.

La logística se puede definir como: El control del flujo de materiales desde la fuente de aprovisionamiento hasta situar en el punto de venta de acuerdo con los requerimientos del cliente.

Con dos condicionantes básicos:

- 1) Máxima rapidez en el flujo del producto.
- 2) Mínimos costes operacionales.

La logística es un área clave porque de ella depende el nivel de satisfacción de los clientes, ya que de nada vale tener un producto de excelente calidad si la distribución es inadecuada y no satisface los requerimientos de la demanda.

#### 2.1.1 Transporte

El objetivo del transporte y la distribución es movilizar los productos hacia los canales de comercialización, en donde son demandados por los consumidores.

Los modelos logísticos son métodos heurísticos que tienen el propósito de ahorrar en el recorrido de los bienes. (Bowersox, 2012, p.346)

El desempeño del transporte es vital debido a que representa tiempo, recursos financieros y ambientales que impactan directamente en el grado de satisfacción del cliente.

## **2.2 Investigación de Operaciones**

Actualmente los mercados de consumo son muy diversos y competitivos por lo cual el área de investigación de operaciones adquiere una relevancia única para lograr una ventaja competitiva en relación con otros marcos estratégicos. Es por ello que para la resolución del problema planteado se requiere de la investigación de operaciones para la optimización del sistema de distribución de gasolina, lo que conlleva beneficios económicos.

El origen de la investigación de operaciones se remonta varias décadas atrás, cuando se hicieron los primeros intentos de utilizar el método científico en la administración de una empresa. En su inicio fue aplicado a las estrategias bélicas en los servicios militares, solicitados a principios de la segunda guerra mundial.

La investigación de operaciones toma el punto de vista general de la organización e intenta llegar a las soluciones óptimas. Utiliza el método científico para la resolución de problemas. (Hillier, 2006, p.1)

## **2.3 Programación Lineal**

De acuerdo a Prawda, la Programación Lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver problemas con la finalidad de aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones con variables, sujetas a restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo.

Para resolver un problema de programación lineal debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Encontrar una solución inicial factible.
2. Determinar si se puede mejorar la solución.
3. De no existir mejor solución se determina que esta es la opción óptima. De existir una mejor solución se diseña una nueva solución posible.

Se pueden distinguir dos etapas claras: la primera es determinar una solución inicial básica factible y la segunda es el establecimiento de un criterio de efectividad que permita medir la bondad de la solución que hasta ese momento se tiene. Estas consideraciones anteriores traen consigo como conclusión que, cualquier método de solución a un problema de programación lineal utiliza estos mismos principios.

Existen diversos métodos de solución de programación lineal, así como extensiones que a los mismos se les han hecho con la finalidad de encontrar soluciones óptimas a problemas reales. Podríamos comenzar por el método gráfico; continuar con el método simplex, el problema de rutero de vehículos, el problema de ruteo de inventarios, entre muchos otros. (Prawda, 2004, p.57)

## **2.4 El Problema de Transporte**

El problema de Transporte busca elegir un plan óptimo de envío de mercancía desde varios orígenes a varios destinos de forma que el costo sea el mínimo.

Entre los datos del modelo se encuentran:

- El nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino.
- El costo de transporte unitario de la mercancía de cada origen a cada destino.

De acuerdo a Taha, un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es determinar la cantidad que se enviará de la fuente a cada destino, tal que se minimice el costo de transporte total. (Taha, 2004, p.165)



Un origen o un destino están representados por un nodo, el arco que une un origen con un destino representa la ruta por la cual se transporta la mercancía. La cantidad de la oferta en el origen  $i$  es  $a_i$ , y la demanda en el destino  $j$  es  $b_j$ . El costo de transporte unitario entre el origen  $i$  y el destino  $j$  es  $C_{ij}$ .

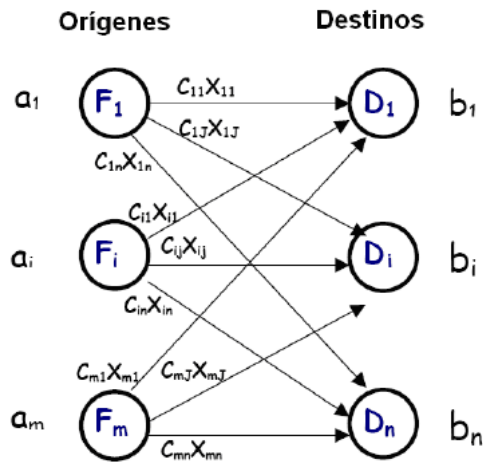


Figura 2 Representación del modelo de transporte con una red de  $m$  orígenes y  $n$  destinos

Fuente: <https://investigaciondeoperaciones.wordpress.com/2010/04/01/problemas-de-transporte-del-analisis-de-redes/>

Si  $X_{ij}$  representa la cantidad transportada desde el origen  $i$  y el destino  $j$ , el problema se formula de la siguiente manera:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \geq a_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0$$

La primera restricción asegura que la suma de los envíos desde una fuente no sea mayor a su oferta; en forma análoga la segunda restricción asegura que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda. Este modelo implica que la oferta total, sea cuando menos igual a la demanda total. Cuando la oferta total es igual a la demanda total ( $\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i$ ) la formulación resultante recibe el nombre del modelo de transporte balanceado. El problema de transporte balanceado se formula de la siguiente manera:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = a_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = b_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0$$

## 2.5 Algoritmos heurísticos

La investigación de operaciones utiliza algoritmos heurísticos para facilitar la planeación y solución dentro de la empresa.

“Un algoritmo es una secuencia de pasos que conducen a la realización de una tarea. También es un conjunto ordenado finito y bien definido de etapas que conducen a la obtención de un resultado”. (UDG, 2010)

Los algoritmos heurísticos son herramientas que nos sirven para obtener soluciones eficientes a problemas reales, es por ello que uno de sus propósitos es encontrar una solución cercana al óptimo en un tiempo razonable.

El CEDIS distribuye una gran cantidad de gasolina a las estaciones localizadas en la zona de Azcapotzalco, por lo cual se precisa establecer rutas de transportación que permita distribuir eficientemente la gasolina mediante la flota de vehículos disponibles.

## **2.6 Control de Inventarios**

El control de inventarios es una actividad muy compleja, ya que para su planeación y ejecución requiere de la participación de todos los departamentos de una organización. El objetivo del control de inventarios es el tener la cantidad apropiada de bienes durante cierto tiempo que satisfaga una demanda futura; proporcionando información necesaria para la toma de decisiones. El resultado final del control de inventarios, tiene una gran trascendencia en la posición financiera y competitiva de la empresa, puesto que afecta de manera directa al servicio a clientes, a las utilidades y a la liquidez del capital de trabajo.

Los siguientes puntos tratan a cerca de temas involucrados con el Control de Inventarios.

### **2.6.1 Demanda**

Se entiende por demanda al uso o consumo de algún producto o servicio en un cierto periodo de tiempo. La demanda es el factor más importante para el control de inventarios, ya que la finalidad de un inventario es prever lo que se ha de consumir en un tiempo futuro, con el objetivo de mantener existencias suficientes para las necesidades de ventas y no excederse en la inversión y en el costo de almacenamiento.

De acuerdo a Sipper, existen dos tipos de demanda:

- *Demanda independiente.* Es aquella demanda de un artículo no relacionado con otro, y que directamente es afectada por las condiciones del mercado.
- *Demanda dependiente.* Esta demanda está sujeta a la venta o al requerimiento de productos, ya que resultan ser indispensables para su uso. (Sipper, 1998, p. 216-332)

### **2.6.2 Punto de Reorden (B)**

Es la cantidad necesaria para satisfacer la demanda ocurrida durante el tiempo en el que se abastece nuevamente. El punto de reorden es un factor que sirve para garantizar un nivel de servicio al cliente.

### **2.6.3 Inventario de Seguridad (S)**

También llamado Stock de seguridad, se usa principalmente para cubrir las variaciones de la demanda, además de prever situaciones como fallas del proveedor, de transporte, etc.

### **2.6.4 Costos de Inventario**

Los costos de inventarios están asociados con el manejo de la operación de un sistema de inventario y su resultado, desde la acción de faltantes sobre una parte desde la acción de faltantes sobre una parte de la administración del sistema establecido.

- *Costo de Ordenar (A)*. Es un costo fijo y se refiere al costo de preparar y controlar la orden.
- *Costo por mantener inventario (H)*. Se refiere al costo de almacenar un producto cierto periodo de tiempo. Este costo incluye impuestos, seguros, manejo, depreciación, obsolescencia y deterioro.
- *Costo de Compra (Q)*. Es el costo por unidad comprada.

### **2.6.5 Tiempo de Entrega**

Es el tiempo que transcurre desde el momento en el que se realiza el pedido de un producto hasta el momento en que llega al almacén. Este tiempo puede ser tanto determinístico como probabilístico.

Los tiempos de entrega largos hacen que los pronósticos sean más difíciles y que crezca el stock de seguridad.

## 2.6.6 Tipos de sistemas de inventarios

Los sistemas de inventarios se pueden dividir en dos grandes grupos dependiendo del comportamiento de las variables que los conforman:

- Modelos determinísticos. Los modelos determinísticos asumen que la demanda y el tiempo de entrega a partir de que se hace el pedido son conocidos y fijos.
- Modelos probabilísticos. Los modelos probabilísticos o también llamados estocásticos, son aquellos en donde la demanda o el tiempo de entrega no son conocidos ni fijos, sin embargo se sabe si sus variables tienen comportamientos similares a alguna distribución probabilística.

## 2.6.7 Políticas de Control de Inventarios

- *Política de Revisión Periódica.* El nivel de inventario se verifica en intervalos de tiempo fijo, llamado periodo de revisión; y se coloca una orden si el nivel es menor al punto de reorden; además de que el tamaño de la orden varía de un periodo a otro.
- *Política de Revisión Continua.* En esta política el nivel de inventario se controla continuamente; la orden se coloca cuando el nivel de inventario llega al punto de reorden; en esta política el tamaño de la orden es fija. (Sipper, 1998, pp. 216-332)



Figura 3 Revisión periódica  
Fuente: Sipper, 1998

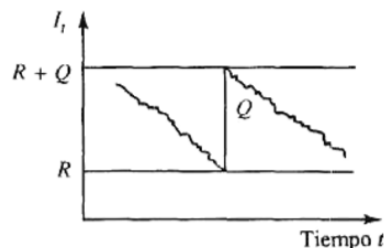


Figura 4 Revisión continua  
Fuente: Sipper, 1998

## 2.7 Método de Análisis ABC

La clasificación ABC consiste en organizar los ítems de manera descendente según el criterio de consumo o utilización anual, de demanda o de ventas anuales.

En 1906 el francés Wilfredo Pareto observó que un número reducido de artículos constituyen la proporción más significativa de la totalidad de un grupo, observando que un número pequeño de productos de una empresa dan cuenta de la mayor parte de las ventas.

El método consiste en ordenar los artículos según las magnitudes acumuladas de su valor anual, obteniendo una presentación típica como se muestra en la Figura 5:

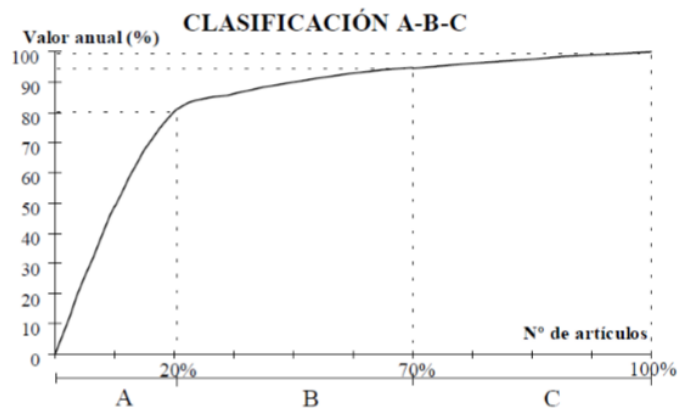


Figura 5 Representación del Método ABC  
Fuente: Schroeder, 2011.

En la Figura 5 puede observarse como aproximadamente un 20% de los artículos representan alrededor del 80% del valor anual total. El siguiente 50% de los artículos 15% de valor anual. Y el último 30% de los artículos solo representa, por lo general, un 5%. Esto da lugar a la clasificación de artículos ABC. Los artículos del grupo A son los que representan un mayor costo anual para la empresa, mientras que los del C son los de menor importancia.

# 3 Metodología

---

## 3.1 Introducción

Este capítulo se centra en la descripción del tratamiento de la información obtenida durante esta investigación, la cual es necesaria para analizar la situación actual de la distribución de gasolina y proponer una posible solución. En la primera parte se describe la zona de estudio y en la segunda parte se explica el tratamiento de la información.

## 3.2 Zona de Estudio

La zona que comprende la alcaldía Azcapotzalco se estableció como zona de estudio para realizar el análisis de distribución de gasolina, debido a la facilidad de obtención de datos, características demográficas y adicionalmente las ES que se encuentran dentro de la alcaldía son abastecidas de un mismo CEDIS.



Figura 6 Selección de zona de estudio

Fuente: [http://www.mapa-mexico.com/Mapa\\_Ubicacion\\_Azcapotzalco\\_Mexico\\_DF.htm](http://www.mapa-mexico.com/Mapa_Ubicacion_Azcapotzalco_Mexico_DF.htm)

### 3.2.1 Descripción de la Zona de Estudio

#### 3.2.1.1 Composición de la Población

La Alcaldía Azcapotzalco cuenta con una población total de 414,711 habitantes, los cuales representan el 4.7% de la población de la Ciudad de México.

Se estima que por cada 100 mujeres hay 90 hombres, y que además la mitad de la población tiene 33 años o menos. (INEGI, 2010)

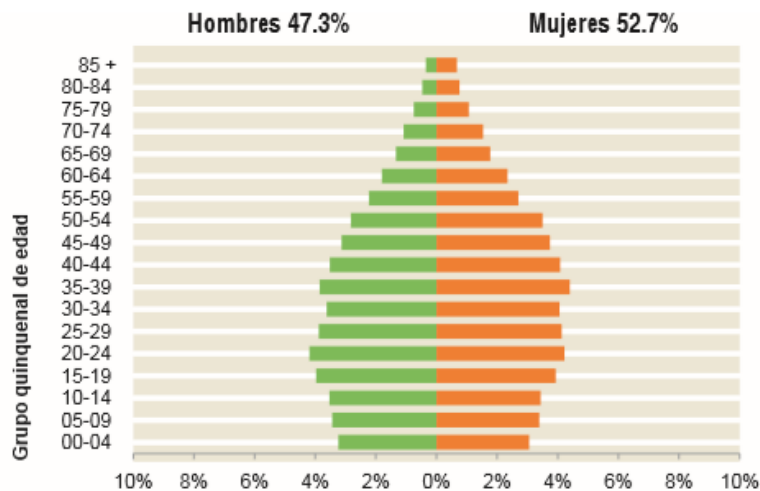


Figura 7 Gráfica de la población de Azcapotzalco por grupo de edades  
Fuente: Panorama Sociodemográfico de la Ciudad de México, INEGI (2010).

#### 3.2.1.2 Distribución Territorial

Azcapotzalco posee una superficie de 33.5 Km<sup>2</sup> y una densidad de población de 12,379.4 habitantes/ Km<sup>2</sup>. (INEGI, 2010)



Figura 8 Alcaldía Azcapotzalco  
Fuente: Panorama Sociodemográfico de la Ciudad de México, INEGI (2010).



### 3.2.1.3 Composición de la Alcaldía por Colonias

La Alcaldía Azcapotzalco se compone por 86 Colonias, las cuales se conjuntan para formar ya sea zonas de unidades habitacionales, residenciales y una amplia Zona Industrial.

Las colonias se distribuyen como se muestra en la siguiente figura.

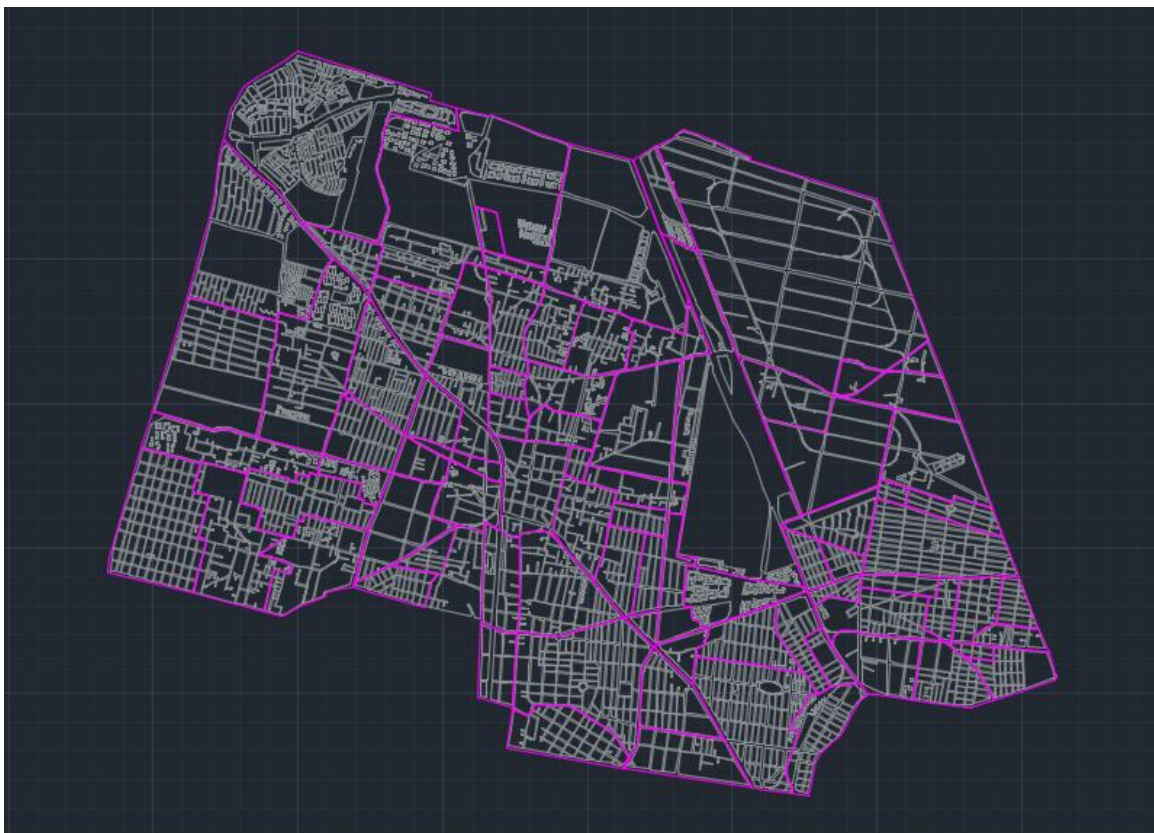


Figura 9 Colonias de la Alcaldía Azcapotzalco  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

### 3.2.1.4 Distribución Geográfica de las Estaciones de Servicio

En la Figura 10 se muestra la distribución geográfica de las 19 Estaciones de Servicio en la zona de estudio, las cuales son abastecidas desde El CEDIS ubicado en la Alcaldía Miguel Hidalgo.



Figura 10 Distribución Geográfica de las Estaciones de Servicio  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

### 3.3 Recolección de datos

La recolección de datos para el planteamiento y elaboración del modelo en la resolución del problema que se plantea en el presente trabajo es muy trascendental, ya que de la exactitud y veracidad de la información obtenida, dependerá la calidad y utilidad de los resultados y la aproximación que tienen a un caso práctico real.

#### 3.3.1 Datos cualitativos

Para la obtención de datos, primero se definieron los objetos estadísticos de este trabajo, que en este caso son las 18 ES de la Alcaldía Azcapotzalco, las cuales en conjunto representan población total de estudio.

<b>Estación</b>	<b>Localización</b>
Estación de Servicio 01	Av. De Las Granjas No. 751
Estación de Servicio 02	Av. Ceylan No. 613
Estación de Servicio 03	Av. Claveria No. 27
Estación de Servicio 04	Egipto No. 244
Estación de Servicio 05	Muitle No. 189
Estación de Servicio 06	Sabino No. 494
Estación de Servicio 07	Zaragoza No. 8, Esq. Jardin Jose F. Gutierrez
Estación de Servicio 08	Vallejo No. 510
Estación de Servicio 09	Norte 45 No. 970
Estación de Servicio 10	Santo Tomas No. 11
Estación de Servicio 11	Tezozomoc No. 51 Y 53
Estación de Servicio 12	Coachilco No. 61
Estación de Servicio 13	Eje 5 Norte No.1020
Estación de Servicio 14	Cuauhtemoc No. 40
Estación de Servicio 15	Av. Tezozomoc No. 246
Estación de Servicio 16	Norte 79a Esq. Camarones No. 284
Estación de Servicio 17	Av. Deportivo Reynosa, Eje 5 Norte No.1010
Estación de Servicio 18	Poniente 122 No. 672

Tabla 1 Estaciones de Servicio ubicadas en Azcapotzalco  
Fuente: Elaboración Propia

En la primera fase del proyecto, se consultaron y analizaron tanto fuentes de información primaria como secundaria.

Dentro de las fuentes secundarias consultadas se encuentra el sitio web de PEMEX Refinería de donde obtuvimos una base de datos con todas las ES del país clasificadas por entidad federativa y subclasificadas por municipio o alcaldía (en el caso de la Ciudad de México y Área Metropolitana). De esta base de datos se obtuvo información de cada una de las ES de la alcaldía Azcapotzalco como por ejemplo razón social, dirección exacta, número de estación, datos de contacto y productos comercializados, etc.

Para poder obtener información sobre la actual situación del país en cuanto a refinación del petróleo se refiere, también se consultó la Reforma Energética. En ella se encontró un planteamiento general del actual estatus de la Industria Petrolera en México, así como cambios y transformaciones que se avecinan en la industria, desde que se extrae el crudo hasta que llega a las ES.

Una herramienta muy importante durante la etapa de recolección de datos ha sido un SIG (Sistema de Información Geográfica), el cual permite analizar la información visualmente. En particular se utilizó Google Maps, mediante la cual obtuvimos todas las rutas posibles desde el CEDIS hasta las 18 ES de la alcaldía.

Finalmente se realizó una entrevista con el Gerente de una ES, quien nos proporcionó algunos detalles sobre el transporte de combustibles desde el CEDIS a las estaciones, el sistema de revisión de inventarios empleado en las ES y el procedimiento de descarga del producto de los autotanques a los depósitos en las estaciones.

Aunado a la recolección de datos provenientes de fuentes primarias, en la primera fase del proyecto, se consultó y analizó información secundaria proporcionada por las páginas de PEMEX, INEGI, la Reforma Energética, SEDESOL, para conocer la situación actual del país en cuanto a Refinación del petróleo, distribución de la gasolina y demás aportaciones teóricas realizadas para la elaboración de este proyecto.

### **3.3.2 Datos cuantitativos**

Como parte de la información recopilada, se utilizan datos de ventas mensuales de un periodo de 2015 al 2018, proporcionados por un grupo de gasolineras localizadas en la zona norte de la ciudad. Dos de las ES se localizan en Azcapotzalco, área de interés, por lo cual decidimos tomar a esas dos ES como nuestra muestra de la población total de la alcaldía. Esta información de ventas, se traduce en demanda, capacidad de tanques de estaciones, capacidad de autotanques, número de flota que posee el CEDIS, densidad de población de la zona de Azcapotzalco y demás datos numéricos que nos sean útiles para la resolución del problema.

## ESTACIÓN DE SERVICIO 01

		LITROS			
Año	Mes	86 octanos	92 octanos	Diésel	Total
2015	Enero	333,161.46	50,863.12	210,464.53	594,489.12
	Febrero	314,145.69	52,851.06	203,067.89	570,064.63
	Marzo	339,806.03	55,734.74	242,768.01	638,308.78
	Abril	319,836.16	51,153.55	213,918.81	584,908.52
	Mayo	344,646.63	57,200.47	232,576.53	634,423.63
	Junio	324,776.57	53,327.46	228,971.91	607,075.93
	Julio	322,360.49	54,638.14	240,935.58	617,934.21
	Agosto	332,628.01	59,464.10	212,360.88	604,452.98
	Septiembre	325,780.98	56,520.21	216,900.03	599,201.22
	Octubre	339,960.13	61,070.00	232,381.95	633,412.08
	Noviembre	318,111.98	57,958.93	213,372.34	589,443.25
	Diciembre	318,614.36	63,262.22	208,064.71	589,941.29
2016	Enero	306,736.62	56,882.51	190,223.02	553,842.15
	Febrero	299,331.58	54,556.32	181,118.99	535,006.89
	Marzo	329,734.48	62,698.10	201,744.01	594,176.58
	Abril	305,765.54	60,815.88	181,869.33	548,450.75
	Mayo	325,378.03	65,436.10	199,773.05	590,587.19
	Junio	325,119.17	65,028.90	191,083.55	581,231.61
	Julio	332,395.14	65,260.46	198,832.29	596,487.88
	Agosto	322,231.23	69,926.71	177,306.93	569,464.87
	Septiembre	331,590.65	67,292.64	174,937.62	573,820.91
	Octubre	357,038.52	74,913.52	191,997.21	623,949.25
	Noviembre	334,789.87	73,529.11	177,005.86	585,324.84
	Diciembre	343,820.06	74,252.81	161,601.45	579,674.32
2017	Enero	314,052.41	69,759.93	155,241.87	539,054.21
	Febrero	310,124.62	74,814.01	157,056.67	541,995.30
	Marzo	316,802.69	72,688.09	149,835.76	539,326.54
	Abril	307,032.95	74,986.34	170,322.13	552,341.42
	Mayo	331,628.96	81,100.85	162,903.77	575,633.58
	Junio	318,451.90	158,091.95	76,012.51	552,556.36
	Julio	328,795.74	80,387.97	155,914.88	565,098.59
	Agosto	330,284.58	79,838.77	169,985.41	580,108.76
	Septiembre	315,472.69	81,149.89	151,309.84	547,932.42
	Octubre	331,193.84	84,843.17	173,123.18	589,160.19
	Noviembre	319,108.38	79,203.53	158,480.36	556,792.27
	Diciembre	343,815.41	89,749.20	150,019.88	583,584.49

		<b>LITROS</b>			
<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>86 octanos</b>	<b>92 octanos</b>	<b>Diésel</b>	<b>Total</b>
2018	Enero	304,178.82	56,649.29	139,192.71	500,020.82
	Febrero	303,923.00	54,942.71	136,496.50	495,362.21
	Marzo	343,515.72	59,238.00	142,319.38	545,073.10
	Abril	304,634.36	58,334.93	119,668.24	482,637.53
	Mayo	329,493.70	59,000.95	147,656.31	536,150.96
	Junio	325,791.67	56,595.37	138,783.34	521,170.38
	Julio	309,226.54	52,672.01	124,342.23	486,240.78
	<b>Total</b>	<b>13,935,287.35</b>	<b>2,888,684.00</b>	<b>7,661,941.44</b>	<b>24,485,912.78</b>

Tabla 2 Ventas mensuales del año 2015-2018

Fuente: Estación de Servicio 01.

### ESTACIÓN DE SERVICIO 06

		<b>LITROS</b>			
<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>86 octanos</b>	<b>92 octanos</b>	<b>Diésel</b>	<b>Total</b>
2015	Enero	663,248.90	102,924.89	427,793.33	1,193,967.11
	Febrero	618,094.66	96,846.09	430,440.22	1,145,380.97
	Marzo	679,913.33	110,693.97	516,368.71	1,306,976.01
	Abril	622,611.17	104,358.99	454,361.07	1,181,331.22
	Mayo	687,752.93	104,359.86	490,700.61	1,282,813.40
	Junio	648,803.35	106,419.67	467,361.26	1,222,584.28
	Julio	635,275.28	502,762.97	105,561.00	1,243,599.25
	Agosto	662,182.11	112,384.75	469,196.68	1,243,763.55
	Septiembre	652,316.85	107,253.81	456,312.41	1,215,883.06
	Octubre	679,036.07	113,790.66	504,482.47	1,297,309.20
	Noviembre	632,709.24	104,012.92	450,749.32	1,187,471.48
	Diciembre	666,964.46	119,381.91	418,248.15	1,204,594.53
2016	Enero	636,676.45	117,498.10	434,746.32	1,188,920.87
	Febrero	597,821.58	106,949.97	429,716.73	1,134,488.28
	Marzo	650,398.92	123,669.74	471,835.32	1,245,903.98
	Abril	586,134.57	118,418.80	495,903.01	1,200,456.38
	Mayo	621,867.47	125,792.20	501,198.84	1,248,858.51
	Junio	614,569.25	121,958.61	488,307.55	1,224,835.41
	Julio	629,435.97	129,379.25	506,512.18	1,265,327.39
	Agosto	625,627.42	137,737.09	479,989.22	1,243,353.74
	Septiembre	637,379.72	147,115.36	494,854.51	1,279,349.59
	Octubre	678,586.62	151,797.37	551,813.94	1,382,197.94
	Noviembre	647,080.92	146,836.67	512,244.78	1,306,162.37
	Diciembre	688,934.77	159,281.52	498,566.06	1,346,782.35

		<b>LITROS</b>			
<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>86 octanos</b>	<b>92 octanos</b>	<b>Diésel</b>	<b>Total</b>
2017	Enero	624,157.41	148,099.47	496,370.66	1,268,627.54
	Febrero	608,548.60	144,647.72	438,715.82	1,191,912.14
	Marzo	589,951.39	152,118.63	509,128.11	1,251,198.13
	Abril	588,952.99	145,310.51	549,843.25	1,284,106.75
	Mayo	599,119.08	160,145.29	537,595.73	1,296,860.10
	Junio	558,585.10	508,263.96	149,682.70	1,216,531.76
	Julio	585,620.05	160,544.39	523,487.04	1,269,651.48
	Agosto	604,639.26	536,199.13	156,919.92	1,297,758.31
	Septiembre	609,053.35	522,534.49	162,983.63	1,294,571.47
	Octubre	635,870.96	541,617.99	176,600.21	1,354,089.16
	Noviembre	622,560.55	172,411.25	493,946.63	1,288,918.43
	Diciembre	674,865.22	214,709.06	495,983.07	1,385,557.35
2018	Enero	589,144.98	125,311.00	467,615.35	1,182,071.33
	Febrero	587,263.05	118,453.79	443,474.00	1,149,190.84
	Marzo	652,686.04	129,844.16	506,917.89	1,289,448.09
	Abril	588,447.50	118,068.28	455,272.14	1,161,787.92
	Mayo	632,339.86	126,544.57	499,047.04	1,257,931.47
	Junio	640,324.58	426,970.10	476,804.93	1,544,099.61
	Julio	655,784.76	126,193.90	349,693.89	1,131,672.55
	<b>Total</b>	<b>27,111,336.74</b>	<b>7,849,612.86</b>	<b>27,537,405.29</b>	<b>62,498,354.89</b>

Tabla 3 Ventas mensuales del año 2015 - 2018

Fuente: Estación de Servicio 06

### 3.3.2.1 Capacidad de los tanques de almacenamiento

Los datos exactos de las capacidades de los tanques en las ES resultan de suma importancia para el desarrollo de este trabajo, pues con base en estos datos se calcula el punto de reorden y se restringe el probable uso de flota heterogénea en un futuro.

Esta información se obtuvo de cada una de las 18 estaciones de servicio de la alcaldía.

<b>Estación</b>	<b>CAPACIDAD DE TANQUES L</b>		
	<b>86 octanos</b>	<b>92 octanos</b>	<b>Diésel</b>
Estación De Servicio 01	50,000	40,000	40,000
Estación De Servicio 02	80,000	50,000	
Estación De Servicio 03	40,000	40,000	-
Estación De Servicio 04	120,000	60,000	-
Estación De Servicio 05	50,000	50,000	-
Estación De Servicio 06	80,000	40,000	40,000
Estación De Servicio 07	80,000	60,000	-
Estación De Servicio 08	100,000	100,000	
Estación De Servicio 09	100,000	100,000	-
Estación De Servicio 10	50,000	40,000	-
Estación De Servicio 11	60,000	60,000	60,000
Estación De Servicio 12	50,000	40,000	40,000
Estación De Servicio 13	100,000	100,000	
Estación De Servicio 14	100,000	100,000	-
Estación De Servicio 15	160,000	80,000	-
Estación De Servicio 16	200,000	80,000	60,000
Estación De Servicio 17	100,000	50,000	
Estación De Servicio 18	100,000	50,000	

Tabla 4 Capacidad de los tanques de las Estaciones de Servicio  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.2 Capacidad de los autotanques

En la tabla 5 se presenta la clasificación para los vehículos de carga que se hace en la NOM-SCT-012-2014.

<b>CLASE: VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN</b>	<b>NOMENCLATURA</b>
Autobús	B
Camión unitario	C
Tracto camión	T
Convertidor	D
Camión remolque	C-R
Tracto camión articulado	T-S
Tracto camión doblemente articulado	T-S-R y T-S-S

Tabla 5 Clasificación de vehículos de carga  
Fuente: NOM-012-SCT-2-2017



Sabemos que la flota empleada actualmente para distribuir gasolina desde el CEDIS hasta las ES en la Ciudad de México, está compuesta por camiones unitarios de 3 ejes (C3).



CAMIÓN UNITARIO ( C )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

Tabla 6 Clasificación de Camión unitario (C)  
Fuente: NOM-012-SCT-2-2017

### 3.3.2.3 Tamaño de flota del CEDIS.

De acuerdo a los datos derivados de la entrevista con el Gerente de la Estación de Servicio 01, el CEDIS cuenta con una flota de 35 unidades disponibles para distribuir gasolina tan solo a la alcaldía Azcapotzalco. Este dato lo sabe ya que tiene acceso a un sistema de usuario en la página de Pemex Refinación.

## 3.4 Análisis de la información

Es transcendental examinar nuestros datos, en este caso los registros de la demanda de las ES 01 y ES 06. De acuerdo con Sipper, existen factores que afectan a los datos, estos factores pueden ser internos o externos y como ejemplo de un factor externo tenemos a la economía, la cual afecta directamente la demanda de combustibles.

En la figura 11 se observa la gráfica de la demanda de los combustibles de la ES 01 durante los años 2015 al 2017 y parte del 2018, en la cual podemos observar que la gasolina de 86 octanos presenta una ligera variación, por lo que se asume que es una variable constante, lo cual significa que la demanda es relativamente estable, al menos en corto plazo, podemos afirmar que la demanda de combustible de 86 octanos en la ES 01 será aproximadamente constante. Así mismo podemos observar que el Diésel tiene una tendencia decreciente y la demanda de gasolina de 92 octanos es muy variable.

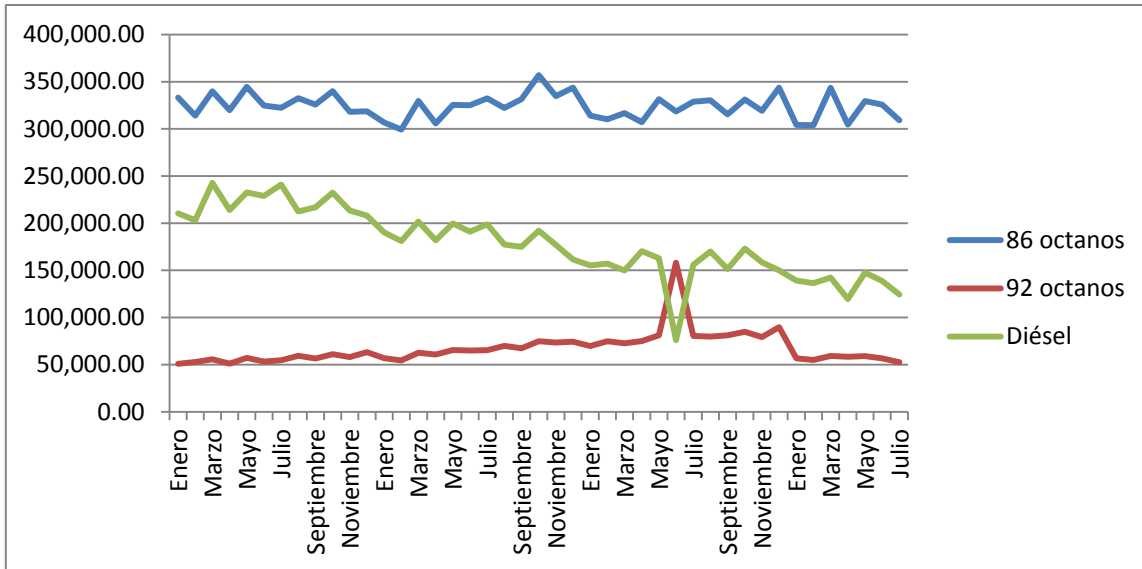


Figura 11 Gráfica de la demanda vs Tiempo en ES 01  
Fuente: Elaboración Propia utilizando Excel 2010

En la figura 12 se observa la gráfica de la demanda de los combustibles de la ES 06 durante los años 2015 al 2017 y parte del 2018, en la cual podemos observar que la gasolina de 86 octanos se comporta de la misma manera que en la ES 01. Sin embargo podemos observar que la demanda del Diésel y la gasolina de 92 octanos es muy variable.

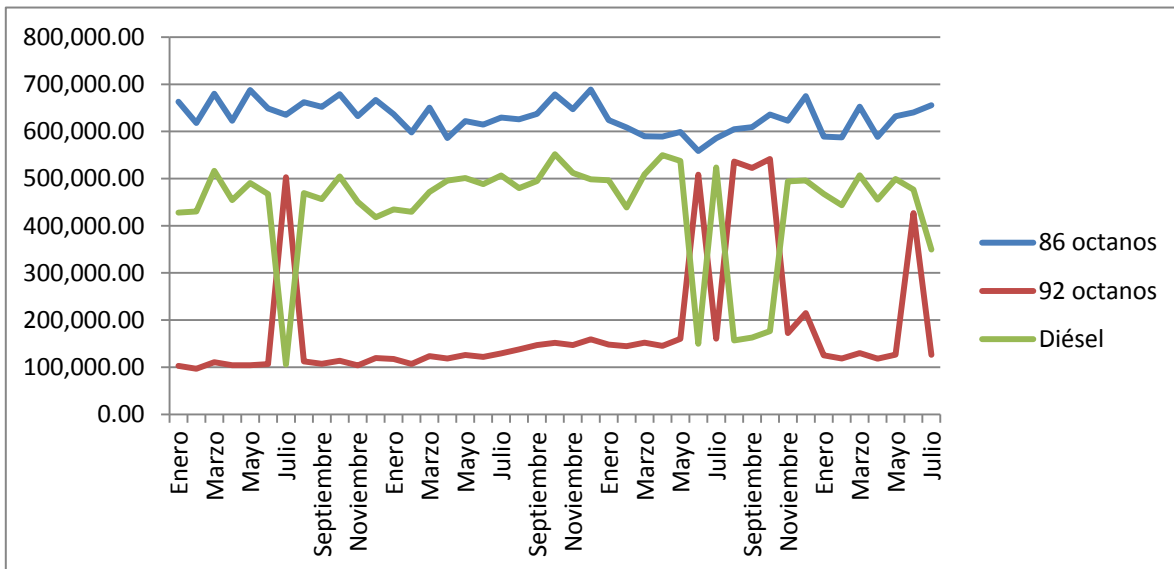


Figura 12 Gráfica de la demanda vs Tiempo en ES 06  
Fuente: Elaboración Propia utilizando Excel 2010

### 3.4 Análisis de la oferta

En este problema en particular se considera que la oferta es igual a la demanda.

### 3.5 Análisis de la demanda

Una vez comprobando que los datos de ventas se comportan de una manera constante procedemos a trabajar con éstos para calcular la demanda a futuro de la Estación de Servicio 01 y Estación de Servicio 06. Para el estudio de la demanda se utilizaron métodos cuantitativos, ya que nos basamos en datos históricos.

Es muy importante asumir que las ventas de las estaciones se consideran como lo demandado al CEDIS. A partir de este supuesto se analizaron las ventas mensuales del año 2015, 2016, 2017 y 2018 de la Estación de Servicio 01 (Tabla 2) y la Estación de Servicio 06 (Tabla 3).

En la Tabla 7 se muestran las ventas totales de las Estaciones de Servicio 01 y 06 y el porcentaje que representa cada tipo de combustible. Asimismo, se calculó el porcentaje de la venta total en litros comparando el consumo en litros de cada artículo con el de la totalidad de las ventas (Método de clasificación ABC).

<b>Combustible</b>	<b>Venta Totales Litros</b>	<b>Porcentaje del consumo total</b>
Gasolina 86 Octanos	41,046,624.09	47%
Gasolina 92 Octanos	10,738,296.85	12%
Diésel	35,199,346.73	40%
	86,984,267.67	

Tabla 7 Total de las ventas mensuales de los años 2015-2018  
Fuente: Estaciones de Servicio 01, 06 y Elaboración propia usando Excel 2013.

En la tabla 7 se observa que la Gasolina 86 Octanos es el combustible que más se vende (47%) y se clasifica como A. La Gasolina 92 Octanos es el combustible que menos se vende (12%) y se considera C. Para el caso del Diésel se considera como tipo B. Por lo cual nuestro estudio se centrará en el combustible tipo A: la Gasolina de 86 Octanos.

En este caso se toma como población a las ventas de las 18 ES, y las ventas de la Estación de Servicio 01 y la Estación de Servicio 06 son la muestra recolectada.

Para hacer un exhaustivo análisis de la demanda se necesita identificar el área de cobertura de cada ES, así como los habitantes de dicha área, motivo por el cual se recurrió a los Diagramas de Voronoi para estimar dicha información.

Un Diagramas de Voronoi es un método gráfico y matemático de partición de un plano varias regiones, basado en la distancia entre un conjunto de puntos situados en dicho plano.

Para comenzar, se debe conocer exactamente la ubicación de las 18 ES objetivo; en la figura 13 se muestra ésta dentro de la delimitación de la alcaldía Azcapotzalco. Procediendo a realizar de manera geométrica los polígonos de Voronoi, se unen formando una red la ubicación de las 18 ES, además tomando en cuenta las ES colindantes con la alcaldía, como se muestra en la figura 14.

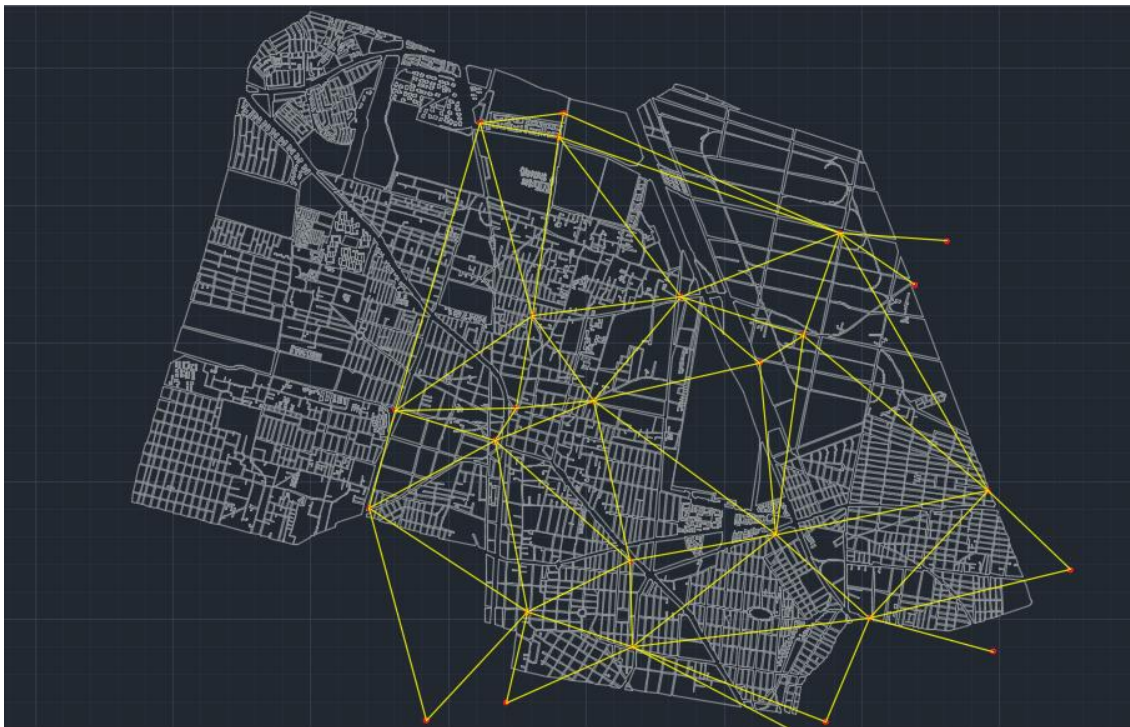


Figura 13 Unión geométrica de las Estaciones de Servicio  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

A continuación procedemos a trazar la mediatriz de los segmentos que unen a las ES, para determinar los polígonos que conformaran el Diagrama de Voronoi, como se muestra en la figura **14**.

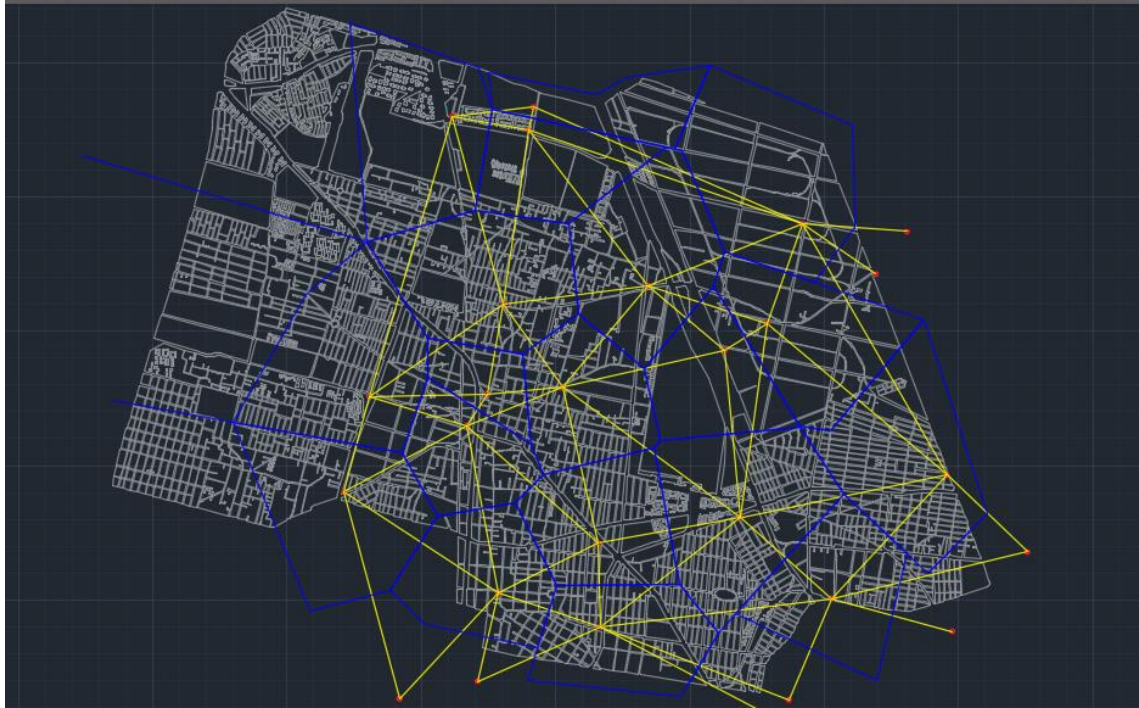


Figura **14** Mediatrices de las uniones de las Estaciones de Servicio  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

Finalmente el diagrama de Voronoi resultante se muestra en la figura **15**.

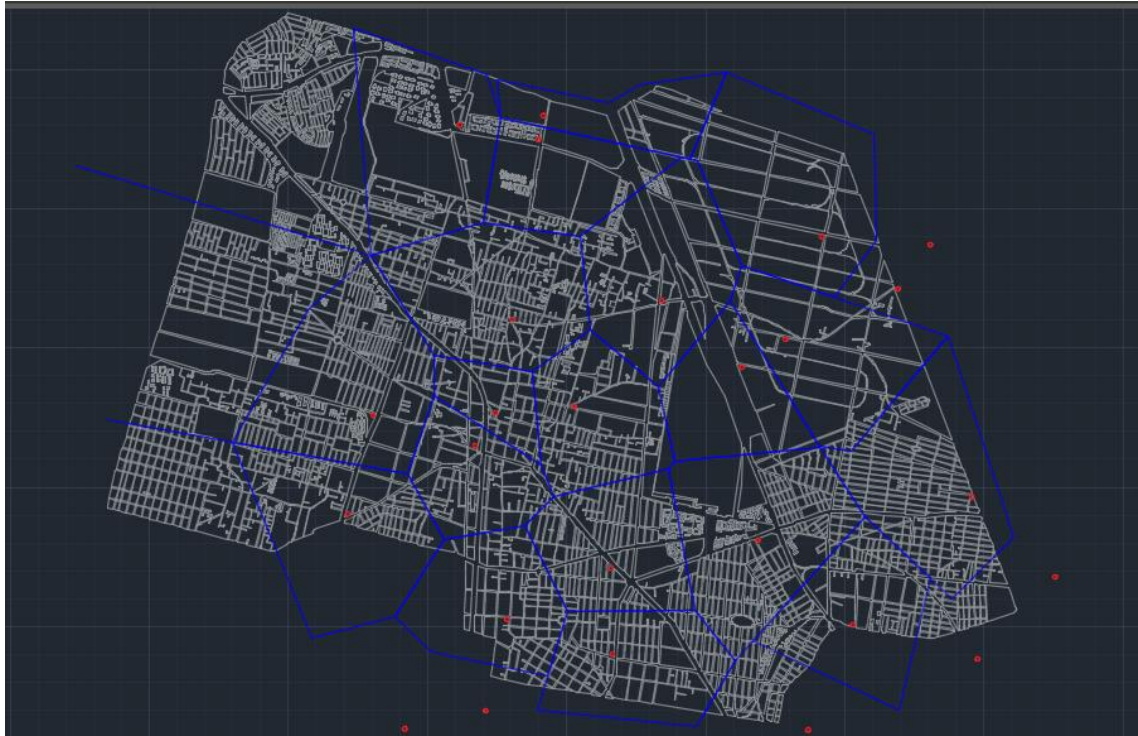


Figura 15 Polígonos de Voronoi asociados a las Estaciones de Servicio de la Alcaldía Azcapotzalco  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

Para calcular la demanda en las 16 ES restantes de la alcaldía, y al no tener acceso a los datos exactos, decidimos obtener una relación entre la demanda y la densidad de población del área de cobertura de cada estación para así obtener la cantidad de litros consumidos por persona.

De esta manera utilizando las herramientas de AutoCAD, procedimos a obtener el área de cada colonia de la alcaldía Azcapotzalco, así como el área de cada polígono de Voronoi. Por lo cual una vez conocidos estos datos, además de su ubicación geográfica en el mapa y la población de cada colonia (Anexo), procedimos a obtener el número de habitantes que conforman cada polígono del Diagrama de Voronoi. La figura 16 muestra las colonias que conforman los polígonos, y la tabla 9 muestra la población y área que compone dichos polígonos.

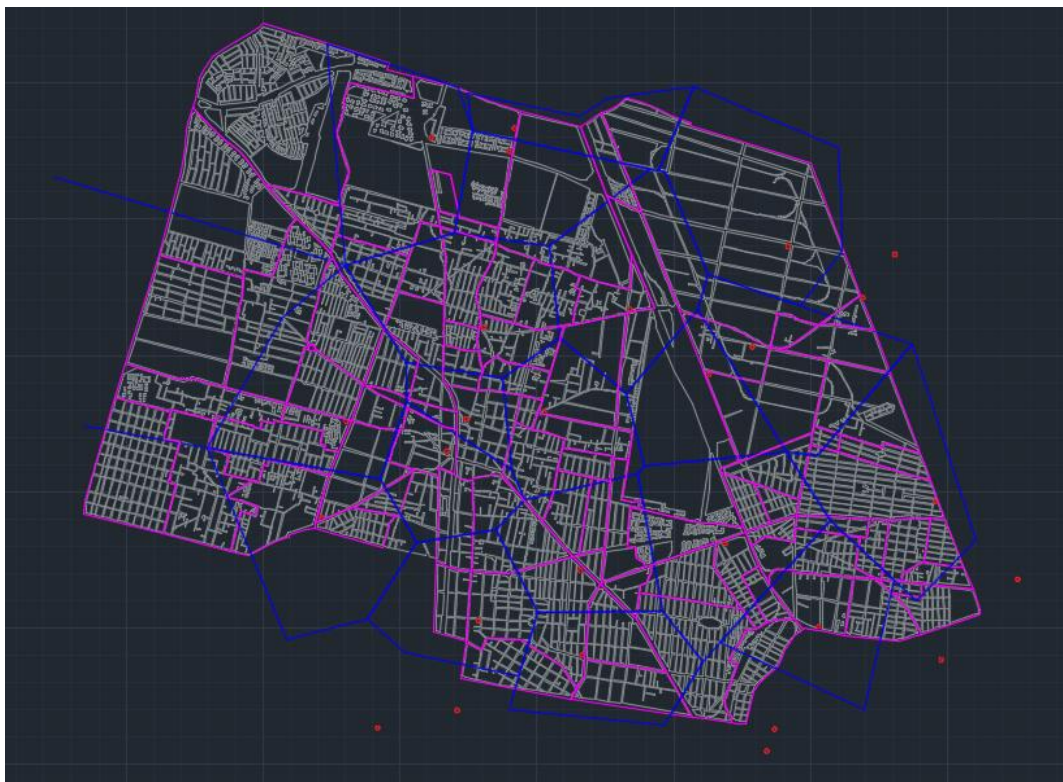


Figura 16 Colonias que conforman los Polígonos de Voronoi asociados a las ES  
Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD 2016

Estación	Áreas de Voronoi Km <sup>2</sup>	Habitantes
Estación De Servicio 01	1.88	11,534
Estación De Servicio 02	1.18	1,598
Estación De Servicio 03	1.399	10,501
Estación De Servicio 04	1.435	14,856
Estación De Servicio 05	2.068	14,918
Estación De Servicio 06	1.469	9,348
Estación De Servicio 07	0.536	6,302
Estación De Servicio 08	1.975	26,250
Estación De Servicio 09	2.262	429
Estación De Servicio 10	1.322	18,603
Estación De Servicio 11	1.987	16,248
Estación De Servicio 12	1.879	18,190
Estación De Servicio 13	2.11	25,008
Estación De Servicio 14	1.017	14,190
Estación De Servicio 15	2.12	30,845
Estación De Servicio 16	1.42	26,257
Estación De Servicio 17	1.145	10,796
Estación De Servicio 18	1.643	3,800

Tabla 9 Área y población de cada polígono de Voronoi  
Fuente: Elaboración propia en Excel 2013

Como siguiente paso calculamos los litros que consume un habitante por mes, dividiendo la media de los litros vendidos mensualmente entre el número de habitantes que conforman un polígono de Voronoi.

$$\text{Demanda mensual por habitante} = \frac{\bar{X}_i}{\text{número de habitantes por Polígono}}$$

Dando como resultado:

$$\text{Demanda mensual por habitante en ES 01} = \frac{569,439.83 \text{ l}}{11,534 \text{ hab}} = 49.37 \frac{\text{l}}{\text{hab}}$$

$$\text{Demanda mensual por habitante en ES 06} = \frac{1,453,450.11 \text{ l}}{9,348 \text{ hab}} = 155.48 \frac{\text{l}}{\text{hab}}$$

La media de la Demanda mensual de las muestras es:

$$\bar{X} = \frac{(49.37 + 155.48) \frac{\text{l}}{\text{hab}}}{2} = 102.42 \frac{\text{l}}{\text{hab}}$$

Una vez obtenido este dato, procedemos a calcular la demanda de combustible total para las 16 ES restantes de la siguiente manera:

$$\text{Demanda Total de Combustible} = \text{Demanda por habitante} \times \text{Habitantes del polígono}$$

Ejemplo:

$$\text{Demanda Total de Combustible ES 02} = 102.42 \frac{\text{l}}{\text{hab}} \times 1,598 \text{ hab} = 163,680.321 \text{ l}$$

La Tabla **10** muestra los resultados para todas las ES.

<b>Estación</b>	<b>L/hab.</b>	<b>Combustible total</b>
Estación De Servicio 01	49.37	569,439.83
Estación De Servicio 02	102.42	163,680.32
Estación De Servicio 03	102.42	1,075,596.82
Estación De Servicio 04	102.42	1,521,555.58
Estación De Servicio 05	102.42	1,528,038.88
Estación De Servicio 06	155.48	1,453,450.11
Estación De Servicio 07	102.42	645,445.45



Estación De Servicio 08	102.42	2,688,643.99
Estación De Servicio 09	102.42	43,928.37
Estación De Servicio 10	102.42	1,905,393.38
Estación De Servicio 11	102.42	1,664,166.20
Estación De Servicio 12	102.42	1,863,136.94
Estación De Servicio 13	102.42	2,561,363.21
Estación De Servicio 14	102.42	1,453,396.31
Estación De Servicio 15	102.42	3,159,210.56
Estación De Servicio 16	102.42	2,689,355.39
Estación De Servicio 17	102.42	1,105,741.37
Estación De Servicio 18	102.42	389,164.94

Tabla **10** Demanda Total de Combustible por ES  
Fuente: Elaboración propia en Excel 2013.

Para realizar el siguiente cálculo, utilizaremos las relaciones calculadas en las tablas **7** y **8**. Se utilizará razones de la siguiente manera:

- En las ES donde únicamente vendan Gasolina 86 octanos y 92 octanos, se estima que por cada litro de 86 octanos que se vende, se venden 5 litros de Magna.
- En las ES que se encuentren en una zona industrial, se estima que por cada litro de 92 octanos que se vende, se venden 5 litros de 86 octanos y 6 litros de Diésel.
- En las ES que se encuentren en una zona residencial, se estima que por cada litro de 92 octanos que se vende, se venden 5 litros de 86 octanos y 3 litros de Diésel.

Para lo cual se realizó la siguiente Clasificación como la Tabla **11** lo muestra.

<b>Estación</b>	<b>Clasificación</b>
Estación De Servicio 01	Residencial
Estación De Servicio 02	Industrial
Estación De Servicio 03	-
Estación De Servicio 04	-
Estación De Servicio 05	-
Estación De Servicio 06	Industrial
Estación De Servicio 07	-
Estación De Servicio 08	Residencial
Estación De Servicio 09	-
Estación De Servicio 10	-

Estación De Servicio 11	Industrial
Estación De Servicio 12	Residencial
Estación De Servicio 13	Industrial
Estación De Servicio 14	-
Estación De Servicio 15	-
Estación De Servicio 16	Residencial
Estación De Servicio 17	Industrial
Estación De Servicio 18	Industrial

Tabla 11 Clasificación de las ES de acuerdo a su zona  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación antes realizada, procedemos a calcular la demanda de acuerdo a las razones anteriormente mencionadas como se muestra a continuación:

- ES que solo vende Gasolina 86 y 92 octanos

*Demanda mensual Gasolina 86 octanos*

$$= \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{4}{5}$$

$$\text{Demanda mensual Gasolina de 92 octano} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{1}{5}$$

Ejemplo

$$\text{Demanda de Gasolina de 86 octanos (ES 03)} = 1,075,596.82 \text{ l} \times \frac{4}{5} = 860,477.45 \text{ l}$$

$$\text{Demanda de Gasolina 92 octanos (ES 03)} = 1,075,596.82 \text{ l} \times \frac{1}{5} = 215,119.36 \text{ l}$$

- ES en Zona Residencial

*Demanda mensual Gasolina 86 octanos*

$$= \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{5}{9}$$

$$\text{Demanda mensual Gasolina 92 octanos} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{1}{9}$$

$$\text{Demanda mensual Diesel} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{3}{9}$$

Ejemplo

$$\text{Demanda de Gasolina 86 octanos (ES 01)} = 569,439.83 \text{ l} \times \frac{5}{9} = 324,076.45 \text{ l}$$

$$\text{Demanda de Gasolina 92 octanos (ES 01)} = 569,439.83 \text{ l} \times \frac{1}{9} = 67,178.70 \text{ l}$$

$$\text{Demanda de Diesel (ES 01)} = 569,439.83 \text{ l} \times \frac{3}{9} = 178,184.68 \text{ l}$$

- ES en Zona Industrial

$$\text{Demanda mensual Gasolina 86 octanos} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{5}{12}$$

$$\text{Demanda mensual Gasolina 92 octanos} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{1}{12}$$

$$\text{Demanda mensual Diesel} = \text{Demanda Total de Combustible} \times \frac{6}{12}$$

Ejemplo

$$\text{Demanda de Gasolina 86 octanos (ES 02)} = 163,680.32 \text{ l} \times \frac{5}{12} = 68,200.13 \text{ l}$$

$$\text{Demanda de Gasolina 92 octanos (ES 02)} = 163,680.32 \text{ l} \times \frac{1}{12} = 13,640.03 \text{ l}$$

$$\text{Demanda de Diesel (ES 02)} = 163,680.32 \text{ l} \times \frac{6}{12} = 81,840.16 \text{ l}$$

La Tabla **12** muestra los resultados para todas las ES.

<b>Estación</b>	<b>Venta Mensual L</b>		
	<b>86 octanos</b>	<b>92 octanos</b>	<b>Diesel</b>
Estación De Servicio 01	324,076.45	67,178.70	178,184.68
Estación De Servicio 02	68,200.13	13,640.03	81,840.16
Estación De Servicio 03	860,477.45	215,119.36	-
Estación De Servicio 04	1,217,244.46	304,311.12	-
Estación De Servicio 05	1,222,431.10	305,607.78	-
Estación De Servicio 06	630,496.20	182,549.14	640,404.77
Estación De Servicio 07	516,356.36	129,089.09	-
Estación De Servicio 08	1,493,691.11	298,738.22	896,214.66
Estación De Servicio 09	35,142.69	8,785.67	-
Estación De Servicio 10	1,524,314.71	381,078.68	-
Estación De Servicio 11	693,402.58	138,680.52	832,083.10
Estación De Servicio 12	1,035,076.08	207,015.22	621,045.65
Estación De Servicio 13	1,067,234.67	213,446.93	1,280,681.61
Estación De Servicio 14	1,162,717.05	290,679.26	-
Estación De Servicio 15	2,527,368.45	631,842.11	-
Estación De Servicio 16	1,494,086.33	298,817.27	896,451.80
Estación De Servicio 17	460,725.57	78,981.53	552,870.68
Estación De Servicio 18	162,152.06	32,430.41	194,582.47

Tabla 12 Demanda por tipo de Combustible en las ES  
Fuente: Elaboración propia

# 4 Modelo

## 4.1 Modelo Matemático

Por su naturaleza, el modelo empleado por la compañía para la distribución de gasolinas en la Ciudad de México y Área Metropolitana se define como una variación del Problema de Ruteo de Inventarios (IRP, por sus siglas en inglés). En el Modelo IRP, que puede ser descrito como una combinación de los problemas de ruteo de vehículos y gestión de inventarios, un proveedor debe transportar uno o varios productos a un número determinado número de clientes dispersados geográficamente, sujeto a ciertas restricciones. El modelo optimiza simultáneamente la gestión de inventarios, ruteo de vehículos y la calendarización de los envíos.

Existen siete criterios a tomarse en cuenta dentro de un IRP, los cuales se enumeran en la siguiente tabla:

<b>Criterio</b>	<b>Opciones posibles</b>		
Horizonte temporal	<b>Finita</b>	Infinita	
Estructura	Uno a uno	<b>Uno a varios</b>	Varios a varios
Ruteo	<b>Directa</b>	Múltiple	Continua
Política de inventarios	Máximo nivel	<b>Nivel Parcial</b>	
Nivel de servicio	Ventas perdidas	Inventario retrasado	<b>Inventario de salvamento</b>
Composición de flota	<b>Homogénea</b>	<b>Heterogénea</b>	
Tamaño de flota	Simple	Múltiple	Infinita

Tabla 13 Demanda por tipo de Combustible en las ES  
Fuente: Elaboración propia

Estudiando el modelo de distribución de la empresa, podemos localizar a la empresa en cada uno de los siete criterios: la compañía tiene un horizonte de **tiempo finito**, pues cuenta con 3 turnos de trabajo para los operadores de los auto-tanques que transportan las gasolinas desde el CEDIS hasta las ES, de manera tal que el pedido calendarizado para cierto turno debe ser entregado en ese mismo turno. La estructura de su red de distribución es de **un solo depósito** (CEDIS 1 Ciudad de México para el caso específico de la alcaldía Azcapotzalco), del cual salen todas las unidades **hacia 18 ES** en total. **El ruteo es directo**, pues los auto-tanques empleados por la compañía deben depositar todo su contenido en una y solo una ES, por lo cual las unidades visitan solo una estación por viaje. Las ES emplean una **política de inventarios de llenado parcial** de la capacidad de sus tanques, pues aunque un pedido se hace a la empresa con base en un pronóstico de la demanda que nos dice en qué turno habrá espacio en el depósito de cada ES para exactamente un auto-tanque (20 mil litros aproximadamente), la demanda puede variar tanto que, una vez que la unidad arriba a la estación en el turno correspondiente, esta puede tener más de 20 mil litros de espacio disponibles para su llenado total. A su vez, las ES **no se permiten la pérdida de ventas**, por lo cual cada una de ellas ha optado por conservar siempre en su depósito un **inventario de salvamento equivalente a un día de ventas** (esta cantidad obtenida a partir del promedio de ventas diarias de meses pasados). La flota que la compañía utiliza para transportar las gasolinas desde el CEDIS hasta las ES, tiene un **tamaño de 35 unidades**, cada una con capacidad **de 20 mil litros netos**.

Dentro de la información que es vital para la determinación de nuestras constantes se tomaron en cuenta ciertas características y se analizó el comportamiento del sistema. De esta manera se consideró lo siguiente:

No se aceptan faltantes, ya que los tanques no pueden estar a menos del 10% de su capacidad, esto debido a que las bombas se pueden quemar.

El tiempo de entrega de combustible se planea con horizonte a 1 semana, esto debido a la experiencia e información histórica se fija ese valor.

La empresa cuenta con un sistema de información el cual registra el nivel volumétrico de los tanques de la ES.

Se manejará un modelo que garantice un nivel de servicio adecuado.

Cabe mencionar que en la distribución actual se transportan 20 mil litros de gasolina, lo cual permite cubrir los costos fijos iniciales, los cuales no tienen relevancia en el modelo dado que no afectan los resultados obtenidos.

Una segunda clasificación de los IRP puede ser tomada en cuenta con base en la demanda. Cuando la demanda es completamente conocida desde el inicio del horizonte temporal, se dice que se trata de un problema determinístico; si se conoce la función de distribución de la demanda, se dice que es un Problema Estocástico de Ruteo de Inventario (SIRP, por sus siglas en inglés). Los IRP dinámicos se presentan cuando la demanda no es completamente conocida con anterioridad y, por el contrario, se va conociendo conforme avanza el tiempo. En estos casos, se puede trabajar con su función de distribución para encontrar una solución al modelo. A este modelo se le llama Problema Dinámico y Estocástico de Ruteo de Inventarios (DSIRP, por sus siglas en inglés) y es el que más se asemeja al modelo de operación de Pemex, pues conocemos, basados en el histórico de ventas de años anteriores, cual es la función de distribución de la demanda en las gasolineras en la alcaldía y sabemos que los pedidos se hacen con al menos un mes de anticipación, según el tipo de pronóstico que se emplee. Para este trabajo se utilizaron dos métodos de solución: un método de solución empírica y una modelo de optimización matemática. La finalidad del primero es recrear el sistema actual de la empresa en materia de transporte de combustibles y los posibles escenarios al incluir flota heterogénea en este mismo sistema. El objetivo del segundo es realizar una propuesta que optimice los costos asociados al sistema de transporte ya sea utilizando flota homogénea o flota heterogénea.

#### **4.1.1 Métodos empíricos de solución**

El método empírico es un modelo de investigación científica, que se basa en la experimentación y la lógica empírica, que junto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, es el más usado en el campo de las ciencias sociales y en las ciencias naturales.

Su aporte al proceso de investigación es resultado fundamentalmente de la experiencia. Estos métodos posibilitan revelar las relaciones esenciales y las características

fundamentales del objeto de estudio, accesibles a la detección senso-perceptual, a través de procedimientos prácticos con el objeto y diversos medios de estudio. Su utilidad destaca en la entrada en campos inexplorados o en aquellos en los que destaca el estudio descriptivo.

Tomando en cuenta solo la gasolina de 86 octanos, pues según los datos de ventas obtenidos de las ES, ésta representa aproximadamente el 60% de las ventas de combustible en la alcaldía Azcapotzalco, se debe calcular el gasto de combustible generado por el traslado de esta gasolina a las estaciones de servicio.

Sabemos que los inventarios en las estaciones de servicio se controlan sistema de revisión continua. El punto de reorden está dado en días y como el sistema de transporte de la compañía funciona las 24 horas en tres turnos (04:00 a 13:00, 13:00 a 21:00 y 21:00 a 04:00), donde los decimales podrían ser un indicador del turno en el que debemos solicitar nuestro próximo pedido.

#### **4.1.2 Costos**

En este apartado se analizarán los costos involucrados en el transporte de gasolina desde el CEDIS hasta las diferentes 18 ES.

##### ***4.1.2.1 Costos operacionales***

Estos costos son los que están relacionados con las facilidades logísticas como son los almacenes, centros de distribución, etc.

- *Costo de almacenaje:* Este costo es muy importante, debido a que lo que se busca es tener un menor inventario y por lo tanto un menor costo de almacenamiento, ya que se compromete capital, se usa un espacio y se requiere mantenimiento. De esta manera el costo de almacenaje lo expresamos como una tasa de porcentaje, la cual es **20%**.

##### ***4.1.2.2 Costos de transportación***

Estos costos son los más importantes debido a que el movimiento de las mercancías desde su origen hasta sus respectivos destinos es uno de los componentes más importantes del costo logístico.



Los costos de transporte están relacionados con los orígenes y destinos, las mercancías, la modalidad de transporte empleada y el peso o volumen de mercancías transportadas.

En el transporte independientemente del modo elegido los costos están directamente ligados a la distancia a recorrer hasta el destino, de forma que cada modo tiene asociado un tamaño de carga y determina un coeficiente generando una escala de tarifas.

La Tabla **14** muestra las distancias del CEDIS a cada una de las ES, distancias que fueron calculadas con un SIG, en este caso en particular de Google Maps. En el Anexo se encuentran las rutas seleccionadas para cada ES.

<b>Estación</b>	<b>Cedis Distancia (Km)</b>
Estación De Servicio 01	5.5
Estación De Servicio 02	6.9
Estación De Servicio 03	3.2
Estación De Servicio 04	3.8
Estación De Servicio 05	5.2
Estación De Servicio 06	7.1
Estación De Servicio 07	3.5
Estación De Servicio 08	7.4
Estación De Servicio 09	7.7
Estación De Servicio 10	4.4
Estación De Servicio 11	1.3
Estación De Servicio 12	4.1
Estación De Servicio 13	5.3
Estación De Servicio 14	3.2
Estación De Servicio 15	2.3
Estación De Servicio 16	4.7
Estación De Servicio 17	7.7
Estación De Servicio 18	6.7

Tabla **14** Distancia entre el CEDIS y cada una de las ES  
Fuente: Elaboración propia basada en Google Maps.

De igual manera el costo de transporte es proporcional al número de viajes que se realizan al mes. Las tablas **15**, **16** y **17** muestran los números de viajes al mes que resultan de usar flota de 20 mil litros, flota de 20 mil y 40 mil litros; y flota de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros

respectivamente. El criterio para determinar el tipo de flota a utilizar para distribuir la gasolina para cada ES, es la capacidad de los tanques de cada ES.

<b>ESTACION</b>	<b>No. de viajes al mes</b>
Estación De Servicio 1	16
Estación De Servicio 2	3
Estación De Servicio 3	43
Estación De Servicio 4	60
Estación De Servicio 5	61
Estación De Servicio 6	31
Estación De Servicio 7	25
Estación De Servicio 8	74
Estación De Servicio 9	2
Estación De Servicio 10	76
Estación De Servicio 11	34
Estación De Servicio 12	51
Estación De Servicio 13	53
Estación De Servicio 14	58
Estación De Servicio 15	126
Estación De Servicio 16	74
Estación De Servicio 17	23
Estación De Servicio 18	8
<b>TOTAL</b>	<b>818</b>

Tabla 15 Número de viajes por mes del CEDIS a cada una de las ES empleando flota de 20 mil litros.

Fuente: Elaboración propia

<b>Estación</b>	<b>No. de viajes al mes</b>
Estación De Servicio 1	8
Estación De Servicio 2	1
Estación De Servicio 3	21
Estación De Servicio 4	30
Estación De Servicio 5	30
Estación De Servicio 6	15
Estación De Servicio 7	12
Estación De Servicio 8	37
Estación De Servicio 9	1

<b>Estación</b>	<b>No. de viajes al mes</b>
Estación De Servicio 10	38
Estación De Servicio 11	17
Estación De Servicio 12	25
Estación De Servicio 13	26
Estación De Servicio 14	29
Estación De Servicio 15	63
Estación De Servicio 16	37
Estación De Servicio 17	11
Estación De Servicio 18	4
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>

Tabla 16 Número de viajes por mes del CEDIS a cada ES empleando flota de 20 mil litros y 40 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia

<b>Estación</b>	<b>No. de viajes al mes</b>
Estación De Servicio 1	8
Estación De Servicio 2	1
Estación De Servicio 3	43
Estación De Servicio 4	20
Estación De Servicio 5	30
Estación De Servicio 6	10
Estación De Servicio 7	8
Estación De Servicio 8	24
Estación De Servicio 9	1
Estación De Servicio 10	38
Estación De Servicio 11	17
Estación De Servicio 12	25
Estación De Servicio 13	17
Estación De Servicio 14	19
Estación De Servicio 15	42
Estación De Servicio 16	24
Estación De Servicio 17	7
Estación De Servicio 18	2
<b>TOTAL</b>	<b>336</b>

Tabla 17 Número de viajes por mes del CEDIS a cada una de las ES empleando flota de 20 mil litros, 40 mil litros y 60 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia

- Costo del personal conductor. Se toma el salario establecido por la CONASAMI para los choferes de carga en general, el cual es de \$108.94 por día, sin embargo en un día laboral los choferes realizan 4 viajes, por lo que se va a considerar \$27.235 por viaje.
- Costo por tipo de camión. Dependiendo del tipo de camión se consideran diferentes costos de acuerdo a las especificaciones que se muestran en las tablas **18**, **19** y **20**.

De acuerdo a la clasificación de vehículos establecida en la NOM-012-SCT-2-2017, los tipos de vehículos que se utilizarían para las unidades de 40 mil y 60 mil litros serían un tracto camión articulado y un tracto camión doblemente articulado. Dentro de esta clasificación proponemos los vehículos T3-S2 para las unidades de 40 mil y T3-S2-R4 para las unidades de 60 mil litros. Las fichas técnicas son las siguientes:

<b>Camión de 3 ejes</b>		
Consumo estimado de combustible	2.95	km/l
Rendimiento máximo	3.66	km/l
Modelo	Freighliner M2 35k	2010
Motor	MBE4000 de 12.8L EPA 04	
Peso	26	ton
Tanque de gasolina	189	litros
Precio Diésel	17.38	pesos
Eficiencia	0.8	%

Tabla **18** Especificaciones de las unidades de 20 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia

<b>T3-R2</b>		
Consumo estimado de combustible	2.48	km/l
Modelo	Freighliner Columbia	
Motor	Cummins ISX	
Peso	99.6	ton
Tanque de gasolina	270	galones
Precio Diésel	17.38	pesos
Eficiencia	0.65	%

Tabla **19** Especificaciones de las unidades de 40 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia

<b>T3-R2-S4</b>		
Consumo estimado de combustible	1.83	km/l
Modelo	Freighliner Columbia	
Motor	Cummins ISX	
Peso	99.6	ton
Tanque de gasolina	270	galones
Precio Diésel	17.38	pesos
Eficiencia	0.65	%

Tabla 20 Especificaciones de las unidades de 60 mil litros.

Fuente: Elaboración propia

El costo se obtiene de la siguiente manera: tomamos en cuenta la distancia entre el CEDIS y cada estación de servicio (viaje de ida y vuelta) y lo multiplicamos por el número estimado de viajes que se realizan al mes a cada estación. El producto de dicha multiplicación se dividirá entre el producto de multiplicar el rendimiento del tanque de la unidad a emplear (en este caso un camión de 3 ejes) por la eficiencia de dicho vehículo (valor obtenido de un estudio elaborado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en conjunto con el Instituto Mexicano del Transporte). El cociente de dicha división nos indica el número de litros de diésel empleados para surtir de producto a cada estación de servicio durante ese mes, por lo cual esa cantidad se debe de multiplicar por el precio del diésel en ese momento.

$$C_n = \left( \frac{2D_n \cdot N_n}{R_u \cdot \eta_u} \right) \cdot C_D$$

Dónde:

$C_n$  = Es el costo de operación durante un mes para la estación n

n= Número de estación (1-18)

$D_n$  = Distancia entre el CEDIS y la estación de servicio

$N_n$  = Número de viajes que realiza una unidad de transporte al mes

$R_u$  = Rendimiento de gasolina de una unidad de transporte u

$\eta_u$  = Eficiencia de la unidad de transporte u

u= tipo de unidad que se empleará para el abastecimiento a las estaciones de servicio (20, 40 o 60 mil litros)

$C_D$ = Costo del Diésel en enero del 2018

Tomamos como ejemplo la estación correspondiente a  $n = 4$

$$C_4 = \left( \frac{2(3.8) \cdot 60.86}{2.95 \cdot 0.8} \right) \cdot 17.38 = \$3,406.43$$

#### 4.1.3 Análisis de resultados

La Tabla 21 muestra los resultados de costos con el camión de capacidad de 20 mil litros para todas las ES.

<b>Estación</b>	<b>Costos Camión C3</b>
Estación de Servicio 01	\$ 1,312.65
Estación de Servicio 02	\$ 346.55
Estación de Servicio 03	\$ 2,027.81
Estación de Servicio 04	\$ 3,406.43
Estación de Servicio 05	\$ 4,681.29
Estación de Servicio 06	\$ 3,296.69
Estación de Servicio 07	\$ 1,330.93
Estación de Servicio 08	\$ 8,140.11
Estación de Servicio 09	\$ 199.28
Estación de Servicio 10	\$ 4,939.30
Estación de Servicio 11	\$ 663.84
Estación de Servicio 12	\$ 3,125.32
Estación de Servicio 13	\$ 4,165.56
Estación de Servicio 14	\$ 2,740.07
Estación de Servicio 15	\$ 4,280.89
Estación de Servicio 16	\$ 5,171.44
Estación de Servicio 17	\$ 2,612.59
Estación de Servicio 18	\$ 800.08
<b>Costo Total mensual por utilizar flota de 20 mil litros</b>	<b>\$ 53,240.83</b>

Tabla 21 Costo mensual estimado de transporte de combustible con auto tanques de 20 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia

Una vez que ya hemos determinado los costos totales para la distribución de gasolina B a las estaciones de servicio con unidades de 20 mil litros, calculamos los mismos costos, pero en esta ocasión utilizando una flota heterogénea con unidades de 20 mil y 40 mil litros de capacidad. También se harán los cálculos para una flota heterogénea con tres tipos distintos de unidades: 20 mil, 40 mil y 60 mil litros.

Para poder llevar a cabo el cálculo de los costos de transporte contemplando flota heterogénea, se debe tomar en cuenta una restricción: Sabemos que para que las bombas de los tanques de almacenamiento no se quemen, los encargados de las ES tienen indicado mantener de manera permanente el tanque al 5% de su capacidad. De tal manera que la restricción queda planteada de la siguiente manera:

$$0.05C_n + C_u < C_n$$

Dónde:

$C_n$  = Capacidad del tanque de almacenamiento en la estación n

$C_u$  = Capacidad del tanque de la unidad u

Si se aplica esta restricción, se logra delimitar qué estaciones tienen la capacidad para ser abastecidas por unidades de 40 y 60 mil litros, de manera tal que la asignación de tipo de unidades así como los costos de transporte de cada estación usando flota heterogénea, es la siguiente:

<b>Estación</b>	<b>Costo Camión T3-R2</b>
Estación de Servicio 01	\$ 960.87
Estación de Servicio 02	\$ 253.68
Estación de Servicio 03	\$ 2,027.81
Estación de Servicio 04	\$ 2,493.54
Estación de Servicio 05	\$ 3,426.75
Estación de Servicio 06	\$ 2,413.21
Estación de Servicio 07	\$ 974.25
Estación de Servicio 08	\$ 5,958.64
Estación de Servicio 09	\$ 113.41
Estación de Servicio 10	\$ 3,615.61
Estación de Servicio 11	\$ 485.94
Estación de Servicio 12	\$ 2,287.76
Estación de Servicio 13	\$ 3,049.23
Estación de Servicio 14	\$ 2,005.76
Estación de Servicio 15	\$ 3,133.65
Estación de Servicio 16	\$ 3,785.54
Estación de Servicio 17	\$ 1,912.44
Estación de Servicio 18	\$ 585.67
<b>Costo Total mensual utilizando flota de 20 mil litros y 40 mil litros.</b>	<b>\$ 39,483.79</b>

Tabla 22 Costo mensual estimado de transporte de combustible con auto tanques de 20 mil y 40 mil litros.  
Fuente: Elaboración propia



<b>Estación</b>	<b>Costo Camión T3-R2-S4</b>
Estación de Servicio 01	\$ 960.87
Estación de Servicio 02	\$ 229.19
Estación de Servicio 03	\$ 2,027.81
Estación de Servicio 04	\$ 2,252.81
Estación de Servicio 05	\$ 3,426.75
Estación de Servicio 06	\$ 2,180.24
Estación de Servicio 07	\$ 880.20
Estación de Servicio 08	\$ 5,383.40
Estación de Servicio 09	\$ 225.01
Estación de Servicio 10	\$ 3,615.61
Estación de Servicio 11	\$ 485.94
Estación de Servicio 12	\$ 2,287.76
Estación de Servicio 13	\$ 2,754.86
Estación de Servicio 14	\$ 1,812.12
Estación de Servicio 15	\$ 2,831.13
Estación de Servicio 16	\$ 3,420.09
Estación de Servicio 17	\$ 1,727.81
Estación de Servicio 18	\$ 529.13
<b>Costo Total mensual utilizando flota de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros.</b>	<b>\$ 37,030.76</b>

Tabla 23 Costo mensual estimado de transporte de combustible con auto tanques de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3 Modelación matemática

La primera restricción a la cual se enfrenta este problema es la capacidad de los tanques de cada ES, por lo que se realizó una matriz en la cual se observan los tipos de camiones que admite cada una de las 18 ES.

Para la realización de esta matriz se utilizó la siguiente ecuación:

Si  $C_j > k_i$  entonces 1, si no 0.

Dónde:

$C_j$  = Capacidad del tanque de almacenamiento en la estación  $j$  al 95%

$k_i$  = Capacidad del tanque de la unidad ( $k_1=20,000$  litros,  $k_2=40,000$  litros,  $k_3=60,000$  litros)

En la siguiente tabla se muestra la matriz resultante, en la cual se descartan de un principio las ES que no admiten todos los tipos de auto tanques  $k_i$ .

		Capacidad de los auto tanques $k_i$ (L)		
		$k_1$	$k_2$	$k_3$
Capacidad de los tanques de las ES al 95% $C_j$ (L)				
ES 1	47,500	1	1	0
ES 2	76,000	1	1	1
ES 3	38,000	1	0	0
ES 4	114,000	1	1	1
ES 5	47,500	1	1	0
ES 6	76,000	1	1	1
ES 7	95,000	1	1	1
ES 8	95,000	1	1	1
ES 9	95,000	1	1	1
ES 10	47,500	1	1	0
ES 11	57,000	1	1	0
ES 12	47,500	1	1	0
ES 13	95,000	1	1	1
ES 14	95,000	1	1	1
ES 15	152,000	1	1	1
ES 16	190,000	1	1	1
ES 17	95,000	1	1	1
ES 18	95,000	1	1	1

Tabla 24 Matriz de capacidades.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación se plantea el modelo matemático tomando en cuenta la restricción anterior.

La función objetivo de nuestro problema es la siguiente:

Minimizar el costo de transportar gasolina desde el CEDIS a las 18 ES utilizando flota heterogénea.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{18} c_{ij} q_{ij}$$

Dónde:

$c_{ij}$  = costo de viaje con camión  $i$  a la estación de servicio  $j$

$q_{ij}$  = el número de viajes al mes que debe hacer el camión  $i$  a la estación de servicio  $j$

$i$  = el tipo de unidad (1 = Auto tanque de 20 mil litros, 2 = Auto tanque de 40 mil litros, 3= Auto tanque de 60 mil litros).

$j$  = la estación de servicio (ES 01, ES 02,..., ES 18).

Sujeto a las siguientes restricciones:

Que el número de viajes para cada estación sea menor o igual a los que se realizan con los camiones de 20,000 litros y menor o igual al número de viajes que se realizan con los camiones de 60,000 o 40,000 litros según sea el caso.

Sea la siguiente la matriz de costos de transporte de combustible a cada una de las ES con los 3 diferentes tipos de unidad.

Estación	Costo por viaje		
	$k_1$	$k_2$	$k_3$
<b>ES1</b>	\$ 81.01	\$ 118.60	\$ 0.00
<b>ES2</b>	\$ 101.63	\$ 148.79	\$ 201.63
<b>ES3</b>	\$ 47.13	\$ 0.00	\$ 0.00
<b>ES4</b>	\$ 55.97	\$ 81.94	\$ 111.04
<b>ES5</b>	\$ 76.59	\$ 112.13	\$ 0.00
<b>ES6</b>	\$ 104.57	\$ 153.10	\$ 207.48
<b>ES7</b>	\$ 51.55	\$ 75.47	\$ 102.28
<b>ES8</b>	\$ 108.99	\$ 159.57	\$ 216.25
<b>ES9</b>	\$ 113.41	\$ 113.41	\$ 225.01
<b>ES10</b>	\$ 64.81	\$ 94.88	\$ 0.00
<b>ES11</b>	\$ 19.15	\$ 28.03	\$ 0.00
<b>ES12</b>	\$ 60.39	\$ 88.41	\$ 0.00
<b>ES13</b>	\$ 78.06	\$ 114.29	\$ 154.88
<b>ES14</b>	\$ 47.13	\$ 69.00	\$ 93.51
<b>ES15</b>	\$ 33.88	\$ 49.60	\$ 67.21
<b>ES16</b>	\$ 69.23	\$ 101.35	\$ 137.35
<b>ES17</b>	\$ 113.41	\$ 166.04	\$ 225.01
<b>ES18</b>	\$ 98.68	\$ 144.47	\$ 195.79

Tabla 22 Matriz de costos de transporte de combustible.  
Fuente: Elaboración propia

Por lo que el modelo de nuestro problema es el siguiente:

- Función Objetivo:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } & 81.01q_{11} + 101.63q_{12} + 47.13q_{13} + 55.97q_{14} + 76.59q_{15} + 104.57q_{16} + 51.55q_{17} \\
 & + 108.99q_{18} + 113.41q_{19} + 64.81q_{110} + 19.15q_{111} + 60.39q_{112} \\
 & + 78.06q_{113} + 47.13q_{114} + 33.88q_{115} + 69.23q_{116} + 113.41q_{117} \\
 & + 98.68q_{118} + 118.60q_{21} + 148.79q_{22} + 81.94q_{24} + 112.13q_{25} \\
 & + 104.57q_{26} + 75.47q_{27} + 159.57q_{28} + 113.41q_{29} + 94.88q_{210} \\
 & + 28.03q_{211} + 88.41q_{212} + 114.29q_{213} + 69.00q_{214} + 49.60q_{215} \\
 & + 101.35q_{216} + 166.04q_{217} + 144.47q_{218} + 201.63q_{32} + 111.04q_{34} \\
 & + 207.48q_{36} + 102.28q_{37} + 216.25q_{38} + 225.01q_{39} + 154.88q_{313} \\
 & + 93.51q_{314} + 67.21q_{315} + 137.35q_{316} + 225.01q_{317} + 195.79q_{318}
 \end{aligned}$$

- Sujeto a:

$$\begin{array}{llll}
 q_{11}, q_{12}, q_{13}, \dots, q_{318} \geq 0 & q_{16} \leq 31 & q_{210} \geq 38 & q_{315} \geq 42 \\
 q_{11}, q_{12}, q_{13}, \dots, q_{318} = \mathbb{Z} & q_{26} \leq 15 & q_{111} \leq 34 & q_{116} \leq 74 \\
 q_{11} \leq 16 & q_{36} \geq 10 & q_{211} \geq 17 & q_{216} \leq 37 \\
 q_{21} \geq 8 & q_{17} \leq 25 & q_{112} \leq 51 & q_{316} \geq 24 \\
 q_{12} \leq 3 & q_{27} \leq 12 & q_{212} \geq 25 & q_{117} \leq 23 \\
 q_{22} \leq 1 & q_{37} \geq 8 & q_{113} \leq 53 & q_{217} \leq 11 \\
 q_{32} \geq 1 & q_{18} \leq 74 & q_{213} \leq 26 & q_{317} \geq 7 \\
 q_{13} = 43 & q_{28} \leq 37 & q_{313} \geq 17 & q_{118} \leq 8 \\
 q_{14} \leq 60 & q_{38} \geq 24 & q_{114} \leq 58 & q_{218} \leq 4 \\
 q_{24} \leq 30 & q_{19} \leq 2 & q_{214} \leq 29 & q_{318} \geq 2 \\
 q_{34} \geq 20 & q_{29} \leq 1 & q_{314} \geq 19 & \\
 q_{15} \leq 61 & q_{39} \geq 1 & q_{115} \leq 126 & \\
 q_{25} \geq 30 & q_{110} \leq 76 & q_{215} \leq 63 &
 \end{array}$$

#### 4.4 Solución del modelo

A continuación, se presenta la matriz de viajes que minimizan el costo de transporte de combustible de acuerdo al modelo matemático. Dicha matriz se obtuvo utilizando el método Simplex LP para problemas lineales de Solver como lo muestran las figuras 14 y 15.

	Variables de decisión		
	$k_1$	$k_2$	$k_3$
<b>ES1</b>	0	8	0
<b>ES2</b>	0	0	1
<b>ES3</b>	43	0	0
<b>ES4</b>	0	0	20
<b>ES5</b>	0	30	0
<b>ES6</b>	0	0	10
<b>ES7</b>	0	0	8
<b>ES8</b>	0	0	24
<b>ES9</b>	1	0	0
<b>ES10</b>	0	38	0
<b>ES11</b>	0	17	0
<b>ES12</b>	0	25	0
<b>ES13</b>	0	0	17
<b>ES14</b>	0	0	19
<b>ES15</b>	0	0	42
<b>ES16</b>	0	0	24
<b>ES17</b>	0	0	7
<b>ES18</b>	0	0	2

Tabla 23 Número de viajes para cada ES según el modelo de optimización.  
Fuente: Elaboración propia

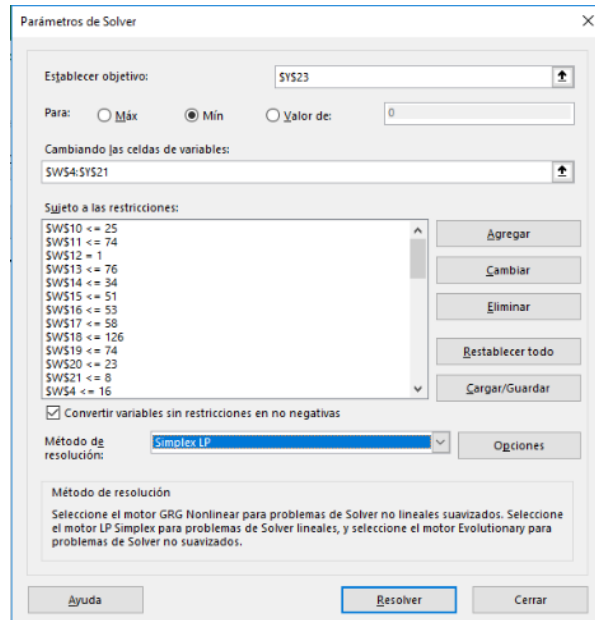


Figura 15 Parámetros de Solver del modelo matemático  
Fuente: Elaboración propia usando Excel 2013

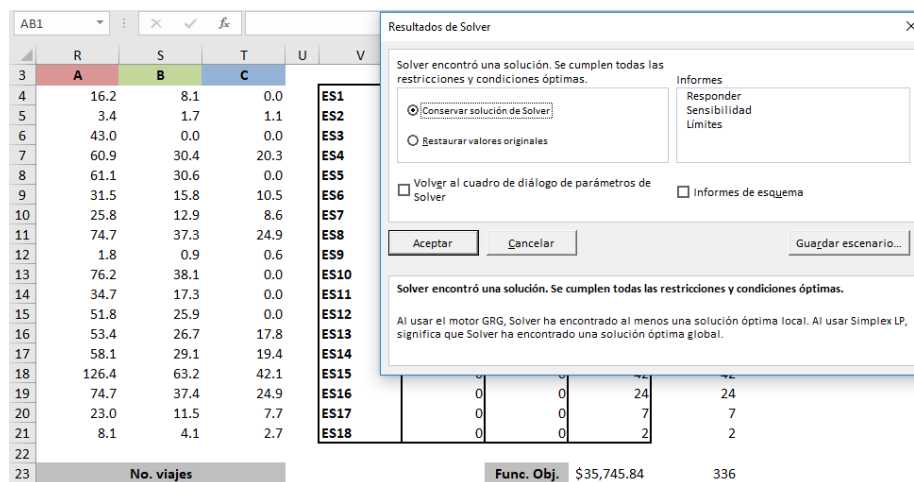


Figura 16 Resultados de Solver del modelo matemático  
Fuente: Elaboración propia usando Excel 2013

**Costo promedio mensual por transportar Gasolina desde el CEDIS hacia a las ES con flota heterogénea** **\$ 35,745.84**

La anterior tabla de viajes nos da un costo total de transporte de \$ 35,745.84 usando flota heterogénea con 3 tipos de unidades (20 mil, 40 mil y 60 mil litros).

## 4.5 Resultados

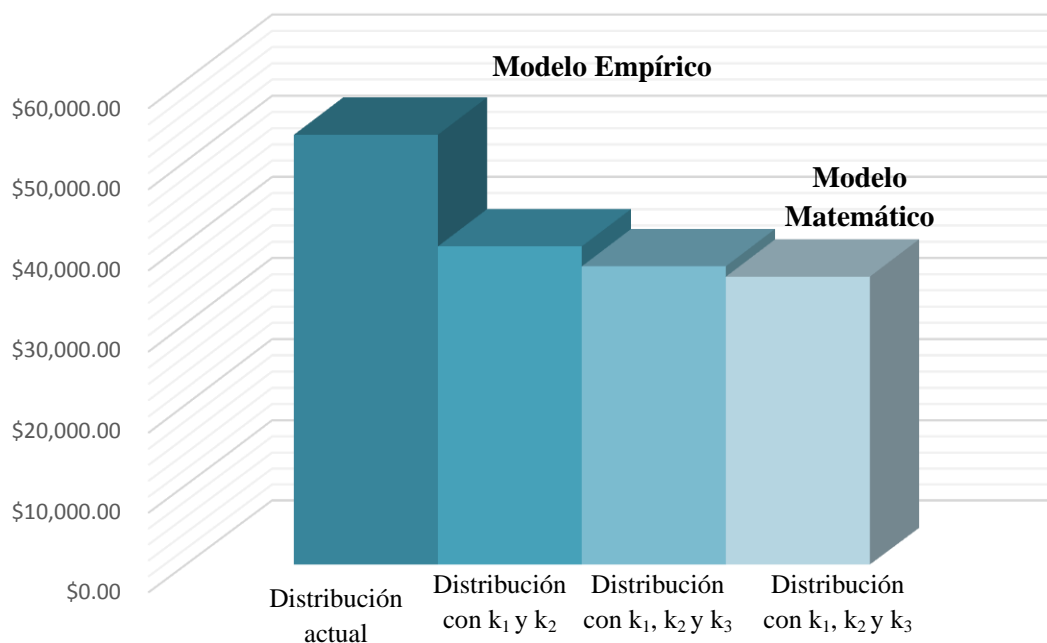
Durante la realización de este trabajo el objetivo fue obtener la mejor manera de transportar el combustible desde un CEDIS hacia diferentes ES con auto tanques de diferentes capacidades, lo cual lo realizamos de una manera empírica y a través de un modelo matemático.

De manera empírica obtuvimos los siguientes resultados:

<b>Transporte con Camión de 20 mil litros</b>	\$ 53,240.83	818 viajes
<b>Transporte con Camión de 20 mil y 40 mil litros</b>	\$ 39,483.79	405 viajes
<b>Transporte con Camión de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros</b>	\$ 37,030.76	336 viajes

El modelo de optimización nos arrojó el siguiente resultado:

<b>Transporte con Camión de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros</b>	\$ 35,745.84	336
--	--------------	-----



Se observa que la diferencia del costo resultante del modelo matemático con respecto al del modelo empírico es de **\$17,494.99**.



## 5 Conclusiones

---

En el presente trabajo se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), información real de algunas Estaciones de Servicio y un modelo de transporte para simular el diseño actual del modelo de red de distribución de gasolina y proponer una configuración de diseño de red de distribución de gasolina para la alcaldía Azcapotzalco, en la ciudad de México (utilizando flota heterogénea), tal que los costos de distribución sean menores que los actuales.

Para demostrar esto, se analizaron y compararon los diferentes resultados de las diferentes configuraciones de red y se llegó a la conclusión de que debido a que la gasolina cuenta con una demanda muy variable, se sugiere considerar un inventario de seguridad que cubra un día promedio de ventas que amortigüe las variaciones de la demanda. Dando por hecho así la satisfacción del cliente al asegurar tener el producto cuando este lo requiere.

El problema de distribución de gasolina desde el CEDIS a las Estaciones de Servicio juega un papel muy importante en la gestión del sistema logístico y concluimos que su adecuada planificación puede significar considerables ahorros. Esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de Investigación de Operaciones, ya que agilizan la planificación, dado que se estima que los costos del transporte representan entre el 10% y 20% del costo final de los bienes.

En el presente trabajo concluimos que la solución óptima radica en la utilización de una flota heterogénea, que contemple los tres tipos de auto tanques con capacidad de 20 mil, 40 mil y 60 mil litros, pues la capacidad en los tanques de las estaciones varía desde los 40 mil litros hasta los 200 mil litros. Y por disposiciones oficiales y de seguridad éstos deben estar a un 95% mínimo de su capacidad.

Tomando en cuenta esta restricción el depósito de gasolina de la ES 6, cuya capacidad es 40 mil litros y 38 mil al 95%, no tendría cabida suficiente para las pipas de 40 mil litros. Además sabiendo que 5 tanques de gasolina A y 3 de Diésel en diferentes estaciones de la alcaldía tienen esta misma capacidad (40 mil litros), como ya mencionamos, la flota propuesta es heterogénea.

Para esta configuración de red de distribución se exige que cada ruta comience y finalice en un mismo lugar, en este caso el CEDIS, ya que los autotanques una vez que salen del CEDIS con el tanque lleno, deben descargarlo en una sola ES y deben regresar al CEDIS para su siguiente llenado.

A continuación, mencionamos los puntos clave para la conclusión de este trabajo:

- Con la implementación de una flota heterogénea se reduce considerablemente el número de viajes mensuales de 881 a 336, lo cual representa una disminución del 62%.
- La disminución del número de viajes mensuales da como resultado la disminución en un 33% de los costos operacionales.
- Con la reforma energética nuevas empresas invertirán en México y apostarán por nuevas propuestas de modelos de redes de distribución de combustible que más ganancias les aporten.

## 6 Bibliografía

---

Anaya, Julio J. T. (2007) Cap. 1 La filosofía de la gestión logística. En *Logística Integral; La gestión operativa de la empresa*, (pp. 17-28). España; ESIC Editorial.

Bowersox, D., Closs, D. y Cooper, B. (2012) Cap. 14 Diseño de la logística y planificación operativa. En *Administración y logística en la cadena de suministros*, (pp. 335-348). México; McGraw Hill.

Clarke, G., Wright, W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. En *Operations Research* 12. (pp.568-581)

D. Adelman. (2004).A price-directed approach to stochastic inventory/routing. En *Operations Research*, 52(4) (pp. 499-514).

Dantzig, G., Ramser, J. (1959) The truck dispatching problem. En *Management Science* 6. (pp. 80-91)

Hillier, Frederick S. (2006) Cap. 1 Introducción a la Investigación de Operaciones. En *Introducción a la investigación de operaciones*, (pp. 1-5). México; McGraw Hill.

INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010 (2010) *Panorama Sociodemográfico del Distrito Federal*. Recuperado el 10 de Enero del 2015 de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/mensual/ece/bcmm.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/mensual/ece/bcmm.pdf)

J. Bard, L. Huang, P. Jaillet and M. Dror. (1998) *A decomposition approach to the inventory routing problem with satellite facilities*. Not published.

J. Bramel and D. Simchi Levi. (1995)A location based heuristic for general routing problems. En *Operations Research*. 43 (pp. 649-660).

Jarque, Carlos M. y A. K. Bera. (1987). “A Test for Normality of Observations and Regression Residuals”. En *International Statistics Review*. Vol.55, (pp. 163-177).

Pontificia Universidad Javeriana De Bogotá. (2009). *Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios*. Recuperado el 17 de Abril del 2019 de [https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos\\_admon/article/view/3870](https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/3870)

Prawda, W. (2004). Métodos y modelos de investigación de operaciones (pp. 57-124, 245-321). México; Editorial Limusa.

Secretaría de Energía. (2013), *Reforma Energética*, Recuperado el 07 de enero del 2015 de [http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PP\\_2012\\_2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PP_2012_2026.pdf)

Schroeder, R. G. (2011). Cap. 15 Inventarios sujetos a una demanda independiente. En *Administración de Operaciones: Conceptos y casos contemporáneos*. (pp. 376-377). México; McGraw-Hill.

Sipper, Daniel y Bulfin, R. L. (1998). Cap. 6 Inventarios: Sistemas de Demanda Independiente. En *Planeación y Control de la Producción*. (pp. 216-332). México; McGraw-Hill.

T. F. Abdelmaguid. (2004). Heuristic approaches for the integrated inventory distribution problem. Ph.D. dissertation, University of Southern California, Los Angeles,

Taha, Hamdy A. (2004). Cap. 5 Modelo de transporte y sus variantes. En *Investigación de Operaciones*. 7ª Edición. (pp. 165-211). México; Pearson Education.

Toth, P., Vigo, D. (2000) An Overview of Vehicle Routing Problems. En *Monographs on Discrete Mathematics and Applications. In: The Vehicle Routing Problem*. SIAM (pp.1-26)

Universidad De Guadalajara. (2010). *Algoritmo heurístico*. Recuperado el 07 de Enero del 2015 de <http://www.cucei.udg.mx/gbj20814/quees.html>

Y. Adulyasak, J.-F. (2012). Cordeau, and R. Jans. *Optimization-based adaptive large neighborhood search for the production routing problem*. En *Transportation Science, Forthcoming*,

## Transporte de Materiales Peligrosos

El reglamento para el transporte de materiales y residuos peligrosos (SCT, 2007) en el primer capítulo, artículo 2, define lo siguiente:

- **Material Peligroso:** Son aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades.
- **Residuo Peligroso:** Aquellos materiales que posean alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.
- **Sustancia Peligrosa:** Elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de los terceros: también se consideran los agentes biológicos causantes de enfermedades.

## Clasificación de las sustancias peligrosas

El reglamento para el transporte de materiales y residuos peligrosos (SCT,2007), en el artículo 7], clasifica a las sustancias peligrosas de acuerdo con sus características de riesgo en 9 clases:

Clase 1 Explosivos

Clase 2 Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión

Clase 3 Líquidos inflamables

Clase 4 Sólidos inflamables

Clase 5 Oxidantes y peróxidos orgánicos

Clase 6 Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos

Clase 7 Radioactivos

Clase 8 Corrosivos

Clase 9 Varios

## Clasificación de la gasolina

La gasolina se encuentra dentro de la clase 3, líquidos inflamables, cuenta con el número de identificación internacional de materiales peligrosos de la ONU 1203, de acuerdo con la NOM-004-SCT/2000 el vehículo que la transporte deberá portar la identificación de la figura 14



Figura 17 Identificación para el transporte de gasolina  
Fuente: NOM 004-SCT/2000

## Componentes de la gasolina

La gasolina es un producto obtenido de la refinación del petróleo crudo, constituido esencialmente por hidrocarburos y eventualmente por pequeñas cantidades de productos de sustitución (compuestos oxigenados y aditivos). (Octanaje 7)

La gasolina es altamente inflamable y bajo ciertas condiciones puede producirse una explosión. Se puede incendiar fácilmente por calor, chispas, llamas; los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire viajando hacia una fuente de incendio y regresando en forma de llamas.

Una característica distintiva de las gasolinas es el octanaje, el cual es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil. (Revista octanaje No. 2)

## Evolución de las gasolinas automotrices en Pemex a partir de la expropiación Petrolera

La gasolina es el combustible de mayor demanda entre los productos derivados de la refinación del petróleo. Se utiliza en el transporte automotriz desde los años veinte, época en que se inició la producción en serie de vehículos automotores. En la siguiente tabla se muestra la evolución de la gasolina en México.

<b>Año</b>	<b>Nombre</b>	<b>Octanos</b>	<b>Cantidad de plomo</b>
1938	Gasolina	57	3 ml/Gal
1940	Mexolina	70	3 ml/Gal
1950	Supermexolina	80	4 ml/Gal
1956	Gasolmex	90	4 ml/Gal
1966	Pemex 100	100	4 ml/Gal
1973	Nova Extra	81 94	3.5 ml/Gal
1974	Extra	92	0.05 g Pb/Gal
1982	Nova	81	2.49 ml/Gal
1986	Nova Plus Extra Plus	81 92	1 ml/Gal 0.05 g Pb/Gal
1987	Nova	81	0.78 ml/Gal
1991	Nova	81	0.36 ml/Gal
1992	Magna Sin Nova Plus		0.01 g Pb/Gal 0.1 ml/ Gal
1996	Premium Magna	93 82	

En la tabla se muestra que uno de los cambios relevantes fue la reducción de plomo por galón de gasolina y otro cambio relevante fue la incorporación de un aditivo detergente que, ha permitido una disminución en la emisión de contaminantes a la atmósfera de 38% de monóxidos de carbono y 40% de hidrocarburos no quemados. Aunque años más tarde el aditivo detergente fue sustituido por uno que, además de evitar la formación de depósitos en el carburador, reduce los ya presentes.

Las normas de calidad aplicadas a la producción de las gasolinas en México, siempre han sido acordes a las especificaciones internacionales. Se formulan atendiendo a los avances tecnológicos, tanto en la industria de refinación del petróleo, como de los requerimientos de los motores modernos y, en los últimos años, a factores tan importantes como el uso eficiente de la energía y la protección del medio ambiente. (octanaje 3,1996)

## **Proceso de distribución de Gasolina en México**

Para garantizar el abastecimiento nacional con eficiencia y flexibilidad, se dispone de varios elementos para la distribución de hidrocarburos como terminales terrestres y marítimas, medios de transporte, marítimos y ductos.



Figura 18 Identificación para el transporte de gasolina  
Fuente: NOM 004-SCT/2000

Con el objetivo de realizar adecuadamente la comercialización de sus productos, Pemex ha desarrollado una infraestructura para almacenar, transportar y entregar oportunamente a los consumidores finales los productos que demanden, integrada por centro de embarque y almacenamiento, así como una extensa red de transportación terrestre y marítima.

El proceso de distribución implica un gran esfuerzo debido a la que las zonas productoras de gas, crudo, refinados y petroquímicos se encuentran alejados de los centros de consumo.

El petróleo crudo se recibe directamente de Pemex Exploración y Producción, y se transporta principalmente por los oleoductos hacia las 6 refinerías en donde se procesa para generar productos petrolíferos, mismos que se distribuyen por los diferentes medios de transporte: poliductos, buquetanques, autotanques y carrostanques hacia las TAR, ya sea a las 15 marítimas o a las 77 terrestres. A partir de éstas, los petrolíferos se envían por autotanques a las estaciones de servicio para su venta final al público.



Figura 19 Localización de refinerías y zonas productoras del petróleo  
Fuente: Informe Pemex 2006 de desarrollo sustentable



Las TAR con las que cuenta la Subdirección de Almacenamiento y Distribución en el Territorio Nacional se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

En la Zona centro del país y Valle de México 21 terminales terrestres, en la zona occidente 20 terminales terrestres y 9 marítimas, en la zona norte 20 terminales terrestres, y en la zona sur 16 terminales terrestres y 6 marítimas.



Figura 20 Localización de las Terminales terrestres de almacenamiento y reparto  
Fuente: Informe Pemex 2006 de desarrollo sustentable

Las TAR distribuyen las gasolinas en auto tanques de 20,000 litros a las estaciones de servicio.



Figura 21 Distribución de gasolina en autotanques de 20,00  
Fuente: Revista Octanaje No. 29 (Pemex, 2001)

A nivel nacional Pemex se encarga de proveer los combustibles que demanda el país. En las ES, Pemex interactúa cotidianamente con los clientes, en las miles de operaciones que día a día se realizan ininterrumpidamente a lo largo del país.

## Proceso de distribución de Gasolina en el DF

Para la distribución de gasolinas en el DF se cuenta con 3 terminales donde se almacena y distribuye gasolinas, diésel y turbosina.



Figura 22 Localización de las Terminales terrestres de almacenamiento y reparto en el DF

Fuente: Informe Pemex 2006 de desarrollo sustentable

### 1 TAR 18 de Marzo

Ingenieros militares 75 Col. Nueva argentina Del. Miguel Hidalgo 011230

### 2 TAR Añil

Añil 486 Col. Granjas Del. Iztacalco 008400

### 3 TAR Barranca del Muerto

Avenida centenario 301 Col. Merced Gómez Del. Álvaro Obregón 001600

El TAR recibe petrolíferos de la Refinería de Tula, de la Refinería de Minatitlán y de la Terminal de Tuxpan por medio de poliductos.

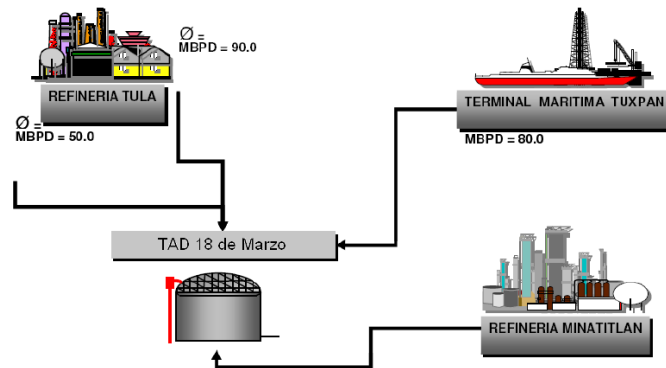


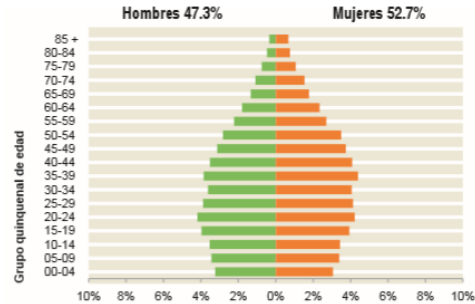
Figura 23 Recibo de gasolina en El TAD  
Fuente: Subdirección de Proyectos Pemex-Refinación comunicación social

# Panorama sociodemográfico de Azcapotzalco

Entidad: Distrito Federal (09)  
Delegación: Azcapotzalco (002)

## Composición por edad y sexo

<b>Población total:</b> Representa el 4.7% de la población de la entidad.	<b>414 711</b>
<b>Relación hombres-mujeres:</b> Hay 90 hombres por cada 100 mujeres.	<b>89.7</b>
<b>Edad mediana:</b> La mitad de la población tiene 33 años o menos.	<b>33</b>
<b>Razón de dependencia por edad:</b> Por cada 100 personas en edad productiva (15 a 64 años) hay 43 en edad de dependencia (menores de 15 años o mayores de 64 años).	<b>42.6</b>



## Distribución territorial



Densidad de población (hab./km²):	<b>12 379.4</b>
Total de localidades:	<b>1</b>
Localidad y su población:	
Azcapotzalco	<b>414 711</b>

## Vivienda

Total de viviendas particulares habitadas:	<b>117 237</b>
Promedio de ocupantes por vivienda*: *Se excluyen las viviendas sin información de ocupantes y su población estimada.	<b>3.5</b>
Viviendas con piso de tierra: De cada 100 viviendas, 1 tiene piso de tierra.	<b>0.6%</b>



De cada 100 viviendas, 99 cuentan con drenaje.



De cada 100 viviendas, 41 cuentan con Internet.

## Fecundidad y mortalidad

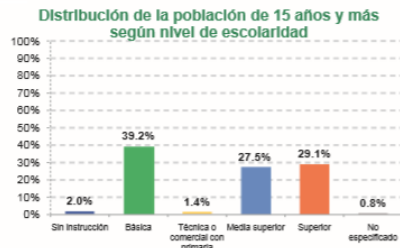


A lo largo de su vida, las mujeres entre 15 y 19 años han tenido en promedio 0.1 hijos nacidos vivos; mientras que este promedio es de 2.1 para las mujeres entre 45 y 49 años.



Para las mujeres entre 15 y 19 años y entre 45 y 49 años, se registran 3 fallecimientos por cada 100 hijos nacidos vivos.

## Características educativas



De cada 100 personas de 15 años y más, 29 tienen algún grado aprobado en educación superior.

Tasa de alfabetización por grupo de edad:

15-24 años	98.7%
25 años y más	97.0%

De cada 100 personas entre 15 y 24 años, 99 saben leer y escribir un recado.

Asistencia escolar por grupo de edad:

3-5 años	69.2%
6-11 años	97.3%
12-14 años	96.3%
15-24 años	57.7%

De cada 100 personas entre 6 y 11 años, 97 asisten a la escuela.

## Características económicas

Población de 12 años y más	Total	Hombres	Mujeres
Económicamente activa:	55.0%	68.7%	43.1%
Ocupada:	94.6%	93.7%	95.8%
No ocupada:	5.4%	6.3%	4.2%

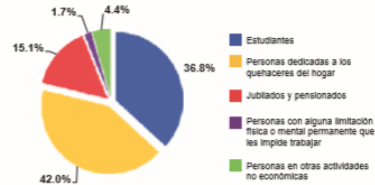
De cada 100 personas de 12 años y más, 55 participan en las actividades económicas; de cada 100 de estas personas, 95 tienen alguna ocupación.

No económicamente activa: 44.5% 30.8% 56.4%

De cada 100 personas de 12 años y más, 45 no participan en las actividades económicas.

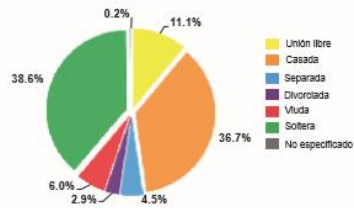
Condición de actividad no especificada:	Total	Hombres	Mujeres
	0.5%	0.5%	0.5%

**Distribución de la población de 12 años y más no económicamente activa según tipo de actividad**



## Situación conyugal

**Distribución de la población de 12 años y más según situación conyugal**



De cada 100 personas de 12 años y más, 37 son casadas y 11 viven en unión libre.

## Religión

Religiones más frecuentes:

Católica	84.7%
Pentecostales, evangélicas, cristianas	4.9%

De cada 100 personas, 85 son de religión católica.

## Lengua indígena

Habitantes	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena:
2 995	

Hay 2 995 personas de 5 años y más que hablan alguna lengua indígena, lo que representa 1% de la población de 5 años y más de la delegación.

Habitantes	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena pero no habla español:
11	

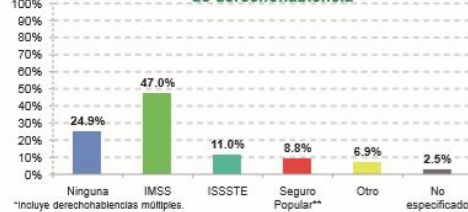
Menos del 1% de las personas de 5 años y más que hablan alguna lengua indígena no hablan español.

## Derechohabencia

Población derechohabiente: 72.6%

De cada 100 personas, 73 tienen derecho a servicios médicos de alguna institución pública o privada.

**Distribución de la población según institución de derechohabencia\***



\*Incluye derechohabencias múltiples.

\*\*Incluye seguro para una nueva generación.

De cada 100 personas, 47 tienen derecho a servicios médicos del IMSS.

## Limitaciones físicas o mentales

Población con algún tipo de limitación\*: 6.1%

De cada 100 personas, 6 reportan alguna limitación física o mental.

\*Estimador obtenido a partir del Cuestionario Ampliado.

## Censo de Población y Vivienda 2010

INEGI. Censo General de Población y Vivienda 2010. SNEIG. Información de Interés Nacional.

## Directorio de Estaciones en Azcapotzalco



Subdirección Comercial

Directorio de Estaciones de Servicio y Estaciones de Autoconsumo al 31 de diciembre de 2014

MUNICIPIO	NO. ES	RAZON SOCIAL	UBICACION	COLONIA	CP	TAR
AZCAPOTZALCO	E00019	SUPERSERVICIO GRANJAS, S.A.	AV. DE LAS GRANJAS NO. 751	AZCAPOTZALCO	2250	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00047	ESTACION DE SERVICIO VALLEJO, S.A. DE C.V.	AV. CEYLAN NO. 613	INDUSTRIAL VALLEJO	2300	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00053	SERVICIO CLAVERIA, S.A. DE C.V.	AV. CLAVERIA NO. 27	CLAVERIA	2080	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00071	SERVICIO BEGONIA, S.A. DE C.V.	EGIPTO NO. 244	CLAVERIA	2080	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00072	SERVICIO ORDAZ Y CARABALLO, S.A.	MUITLE NO. 189	VICTORIA DE LAS DEMOCR.	2810	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00129	GRAFEL, S.A.	SABINO NO. 494	AMPLIACION DEL GAS	2970	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00130	SERVICIO EL ZACATITO DE AZCAPO, S.A. DE C.V.	ZARAGOZA NO. 8, ESQ. JARDII	AZCAPOTZALCO	2000	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E00214	GASOLINERA EL RUEDO, S.A DE C.V.	VALLEJO NO. 510	PROHOGAR	2600	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E02718	SERVICIO NORTE 45, S.A. DE C.V.	NORTE 45 NO. 970	INDUSTRIAL VALLEJO	2300	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E02904	SERVICIOS METROPOLIS, S.A. DE C.V.	SANTO TOMAS NO. 11	SNTO TOMAS	2020	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E03527	YUMKA, SA DE CV	TEZOMOC NO. 51 Y 53	SANTA LUCIA	2760	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E03698	SERVICIO JOPEL, SA DE CV	COACHILCO NO. 61	SAN MARCOS	2020	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E03813	ESTACION DE SERVICIOS XOCHINAHUAC, S.A. DE C.V.	EJE 5 NORTE NO.1020	SAN MARTIN XOCHINAHUA	2120	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E04826	GRUPO AZCA, S.A. DE C.V.	CUAUHTEMOC NO. 40	AZCAPOTZALCO	2000	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E05300	OPERADORA GASOIL, S.A. DE C.V.	AV. TEZOMOC NO. 246	SAN PEDRO XALPA	2729	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E09782	OPERADORA DE GASOLINERIA EL COTERON S.A. DE C.V.	NORTE 79A ESQ. CAMARONES	CLAVERIA	2080	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E10242	GASOLINERIA ALTADENA, S.A. DE C.V.	AV. DEPORTIVO REYNOSA, EJE	SANTA BARBARA	2230	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	E10526	GAS 122 S.A. DE C.V.	PONIENTE 122 NO. 672	LAS ALINAS	2300	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF
AZCAPOTZALCO	J01375	BIMBO, S.A. DE C.V.	SAN PABLO XALPA NO.520	REYNOSA TAMAULIPAS	2200	TAD 18 DE MARZO, AZC.,DF

## Ventas de ES 01 2015

<b>MAYO</b>		<b>litros</b>
1	Viernes	9,692.81
2	Sábado	7,793.31
3	Domingo	6,854.28
4	Lunes	11,187.48
5	Martes	10,459.59
6	Miércoles	11,169.71
7	Jueves	11,227.59
8	Viernes	12,079.14
9	Sábado	9,532.92
10	Domingo	8,839.44
11	Lunes	11,830.68
12	Martes	12,246.42
13	Miércoles	10,661.04
14	Jueves	11,847.85
15	Viernes	12,352.70
16	Sábado	8,815.16
17	Domingo	7,817.44
18	Lunes	11,476.92
19	Martes	10,989.55
20	Miércoles	10,805.38
21	Jueves	10,538.05
22	Viernes	11,908.20
23	Sábado	8,838.89
24	Domingo	7,635.46
25	Lunes	11,232.50
26	Martes	12,391.76
27	Miércoles	11,037.93
28	Jueves	11,983.71
29	Viernes	12,533.36
30	Sábado	11,666.39
31	Domingo	7,932.36

## Colonias de la Alcaldía Azcapotzalco

Nombre de la colonia o barrio	Habitantes	Área (Km2)
Aguilera	2,014	0.102
Aldana	3,228	0.154
Ampliación Cosmopolita	992	0.121
Ampliación Del Gas	1,259	0.332
Ampliación Petrolera	1,491	0.133
Ampliación San Pedro Xalpa	19,088	0.768
Ángel Zimbrón	2,737	0.237
Arenal	4,817	0.283
Barrio Huautla de las Salinas	168	0.087
Barrio Los Reyes	3,437	0.169
Barrio Nextengo	3,802	0.227
Barrio San Andrés	7,072	0.283
Barrio San Bernabé	912	0.0995
Barrio San Marcos	7,041	0.278
Barrio San Mateo	2,065	0.0843
Barrio Santa Apolonia	4,253	0.265
Barrio Santa Lucía	649	0.413
Centro de Azcapotzalco	3,048	0.415
Clavería	9,580	0.876
Coltongo	1,619	0.53
Cosmopolita	3,072	0.0689
Del Gas	4,893	0.338
Del Maestro	719	0.0483
Del Recreo	9,261	0.539
El Jagüey	1,924	1.92
El Rosario	29,258	1.74
Euzkadi	4,428	0.249
Ex-Hacienda El Rosario	13,072	0.916
Ferrería	1,619	0.21
Hogar y Seguridad	2,555	0.296
Ignacio Allende	1,601	0.1
Industrial Vallejo	965	3.76
Jardín Azpeitia	2,528	0.243
La Preciosa	3,750	0.178
La Raza	2,488	0.233
Las Salinas	906	0.0309
Liberación	2,414	0.125
LiberTAD	1,163	0.103



Monte Alto	1,119	0.0429
Nueva El Rosario	4,582	0.0575
Nueva España	1,931	0.0768
Nueva Santa María	15,149	0.736
Nuevo Barrio San Rafael	2,786	0.0707
Obrero Popular	4,853	0.334
Pasteros	6,267	0.322
Patrimonio Familiar	979	0.0434
Petrolera	3,071	0.286
Plenitud	3,551	0.177
Porvenir	3,638	0.154
Potrero del Llano	1,323	0.0835
Prados del Rosario	5,324	0.362
Pro-Hogar	12,486	0.637
Providencia	7,276	0.91
Pueblo San Andrés	6,493	0.246
Pueblo San Andrés de las Salinas	241	0.075
Pueblo San Bartolo Cahualtongo	3,042	0.142
Pueblo San Francisco Tetecala	2,780	0.267
Pueblo San Francisco Xocotitla	1,770	0.104
Pueblo San Juan Tlihuaca	11,900	0.728
Pueblo San Martín Xochinahuac	18,499	1.99
Pueblo San Miguel Amantla	8,305	0.437
Pueblo San Pedro Xalpa	9,951	0.445
Pueblo Santa Bárbara	8,918	1.3
Pueblo Santa Catarina	3,614	0.215
Pueblo Santa Cruz Acayucan	1,885	0.0987
Pueblo Santa María Malinalco	7,061	0.33
Pueblo Santiago Ahuizotla	12,453	0.674
Pueblo Santo Domingo	4,922	0.387
Reynosa Tamaulipas	7,490	0.31
San Álvaro	6,743	0.364
San Antonio	4,071	0.365
San Rafael	2,127	0.127
San Salvador Xochimanca	1,032	0.337
San Sebastián	4,669	0.22
Santa Cruz de las Salinas	356	0.257
Santa Inés	3,231	0.229
Santo Tomás	3,450	0.599
Sector Naval	912	0.0484
Sindicato Mexicano de Electricistas	3,891	0.279

Tezozomoc	10,174	0.46
Tierra Nueva	3,169	0.177
Tlatilco	4,695	0.289
Trabajadores de Hierro	3,087	0.167
Un Hogar para cada Trabajador	1,577	0.063
Unidad Cuitlahuac	8,498	0.312
Victoria de las Democracias	4,029	0.207

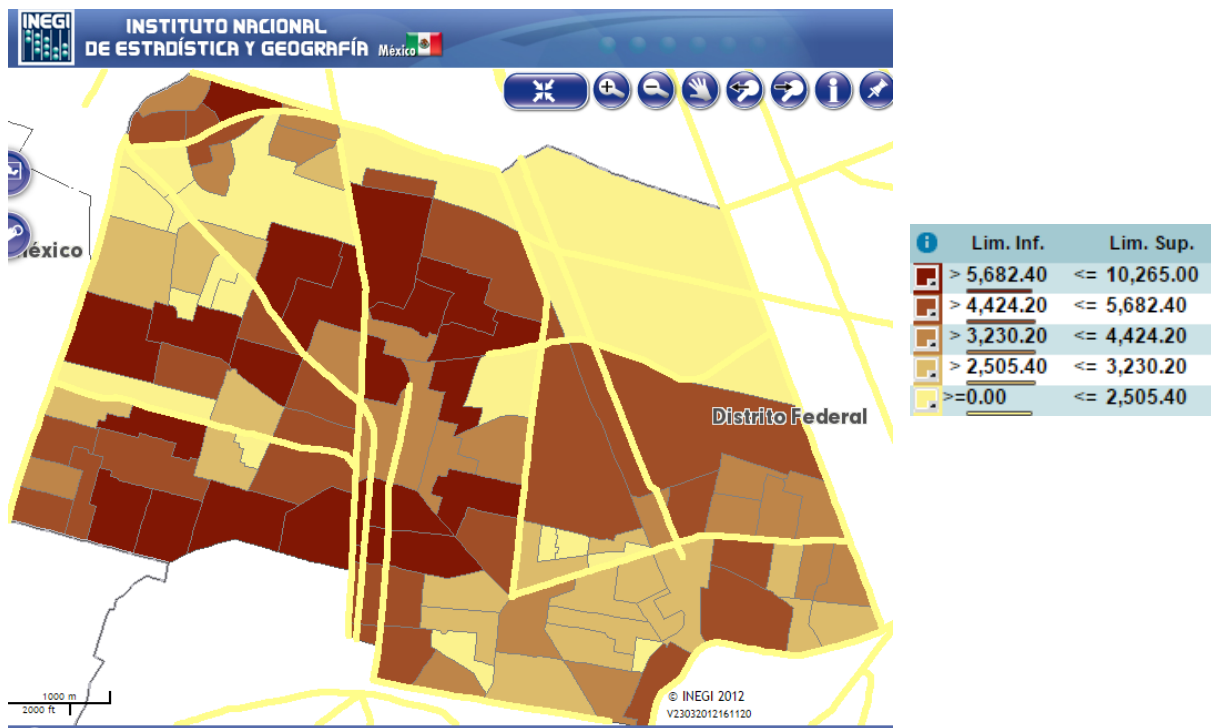
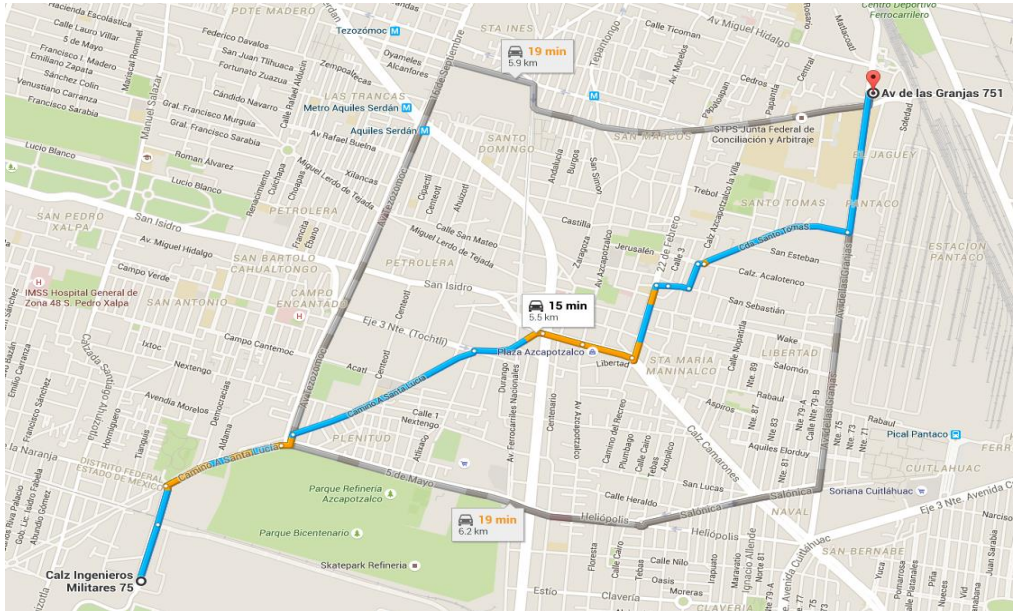


Figura 24 Población por colonia de Azcapotzalco  
Fuente: SCINCE INEGI 2015

# Rutas establecidas del CEDIS a las ES

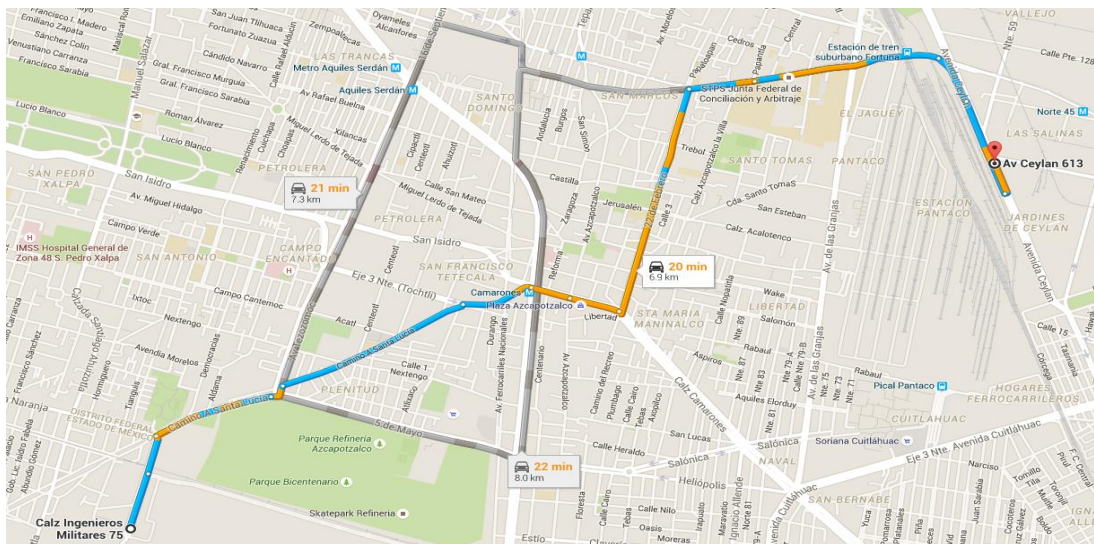
## 1. ES 01

Av. De las Granjas No. 751



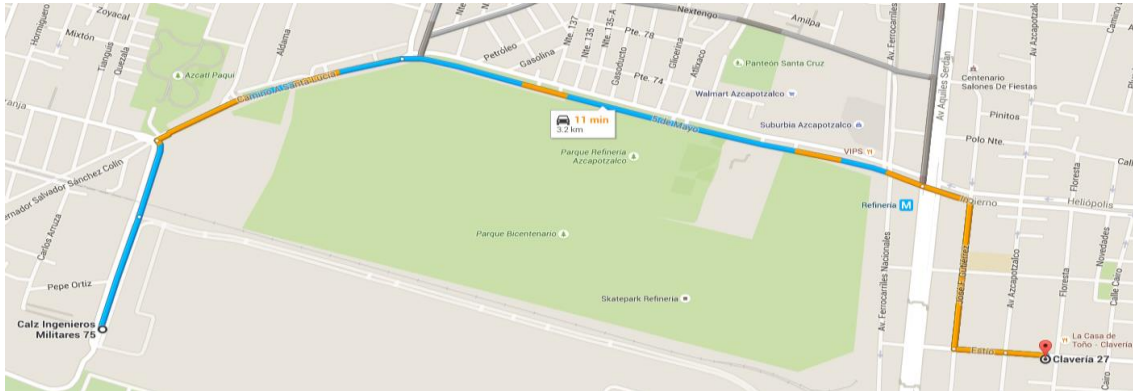
## 2. ES 02

Av. Ceylan No. 613



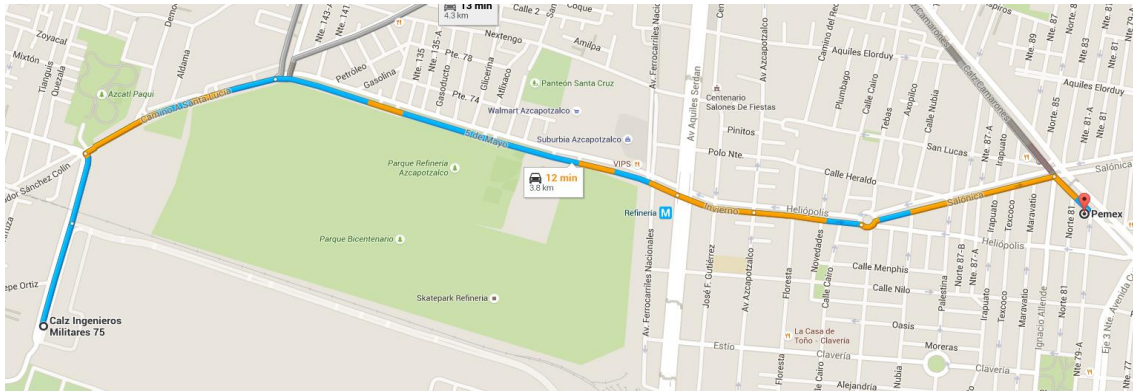
### 3. ES 03

Av. Clavería No. 27



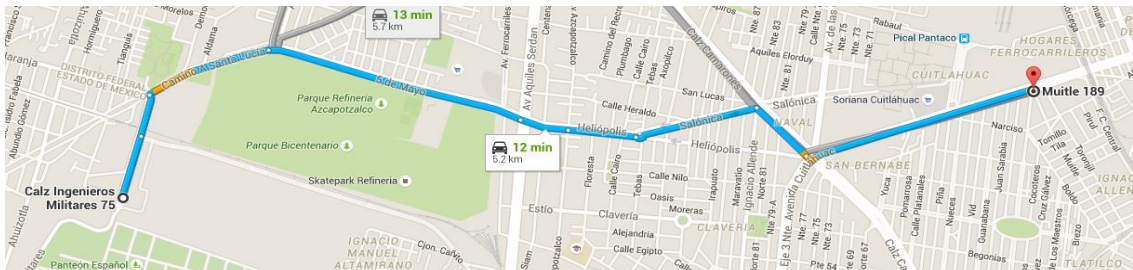
### 4. ES 04

Egipto No. 244

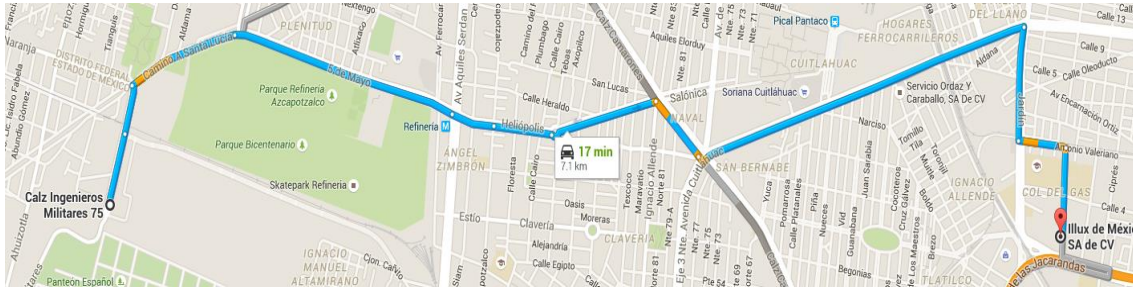


### 5. ES 05

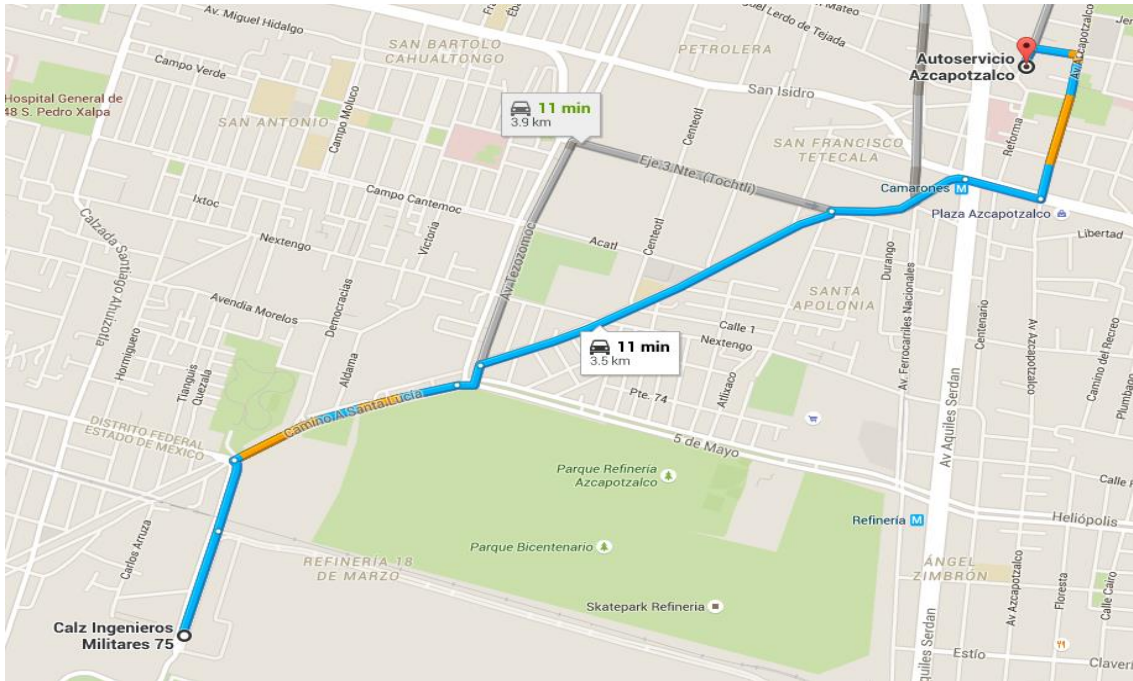
Muitle No. 189



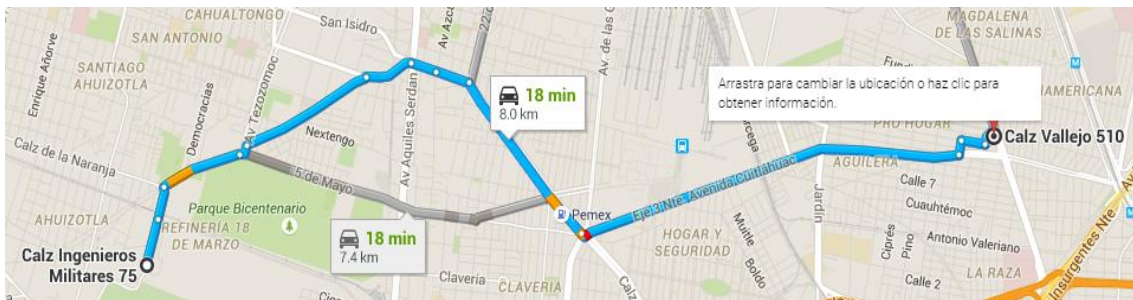
6. **ES 06**  
Sabino No. 494



7. **ES 07**  
Zaragoza No. 8, Esq. Jardín José F. Gutiérrez

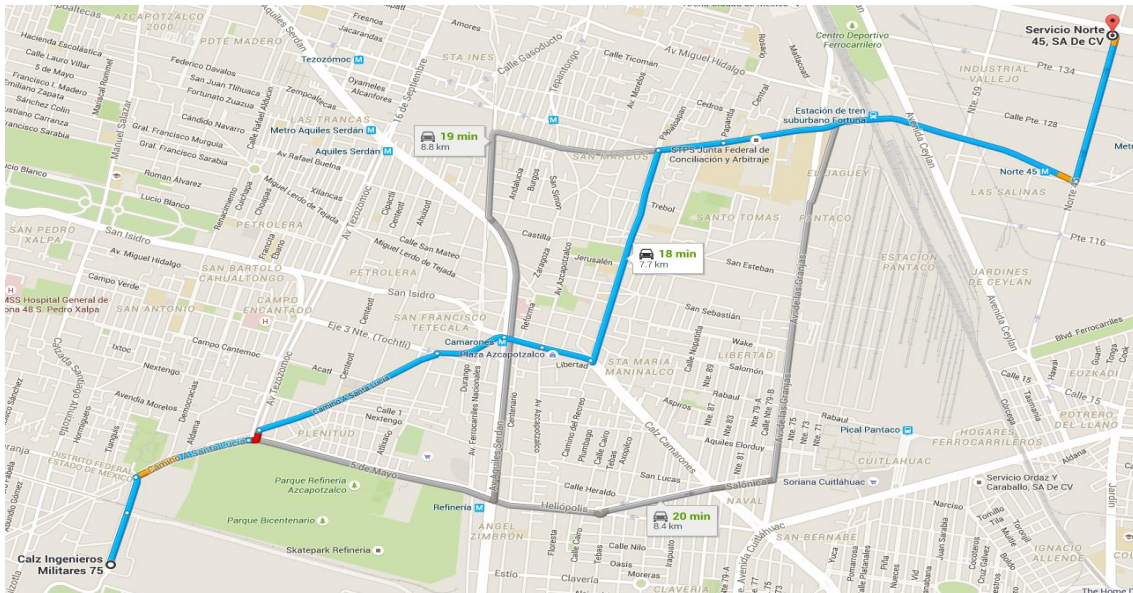


8. **ES 08**  
Vallejo No. 510



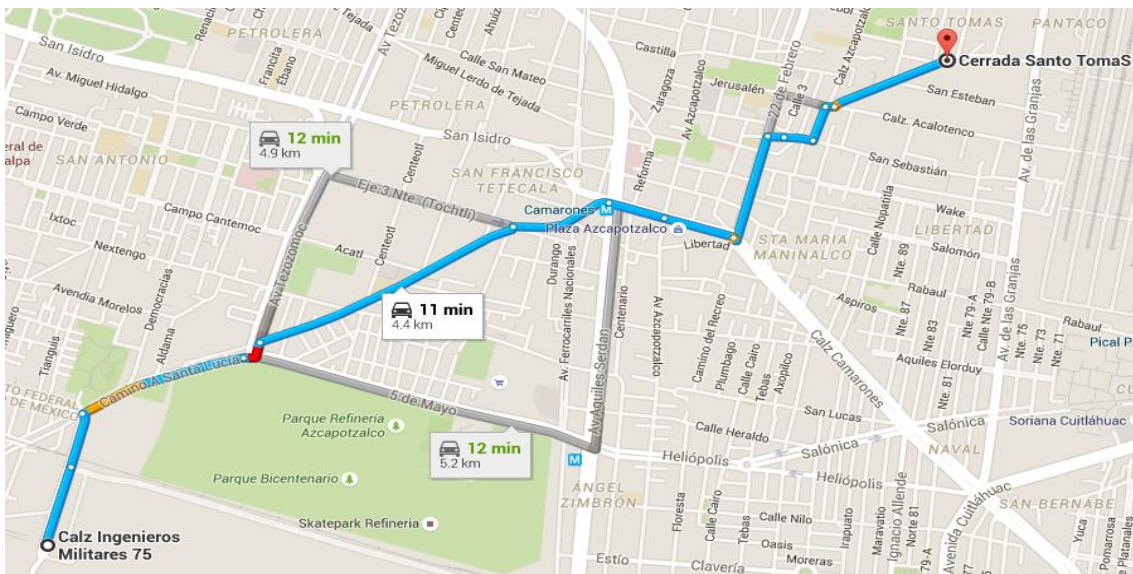
## 9. ES 09

Norte 45 No. 970



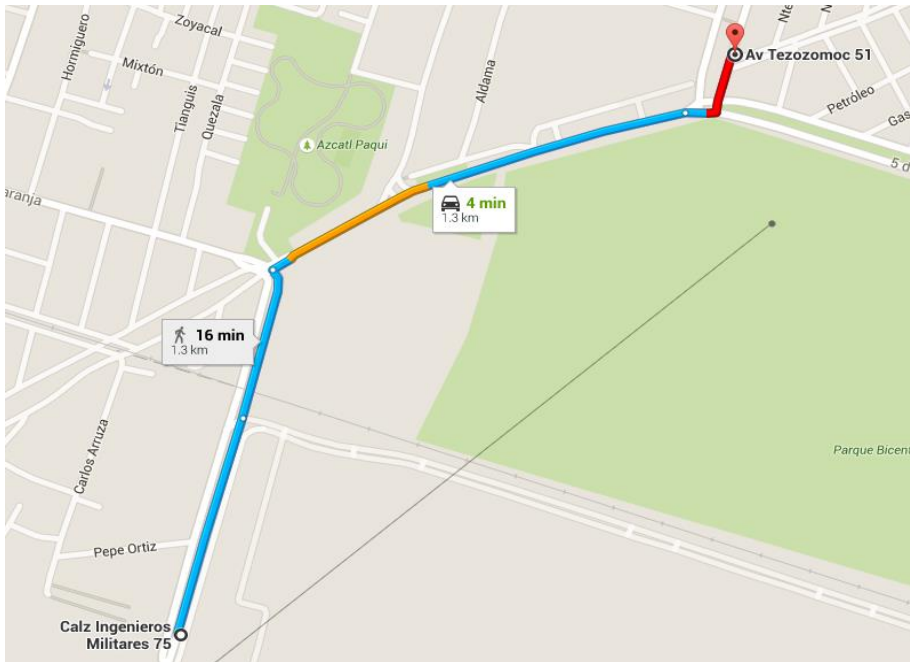
## 10. ES 10

Santo Tomás No. 11



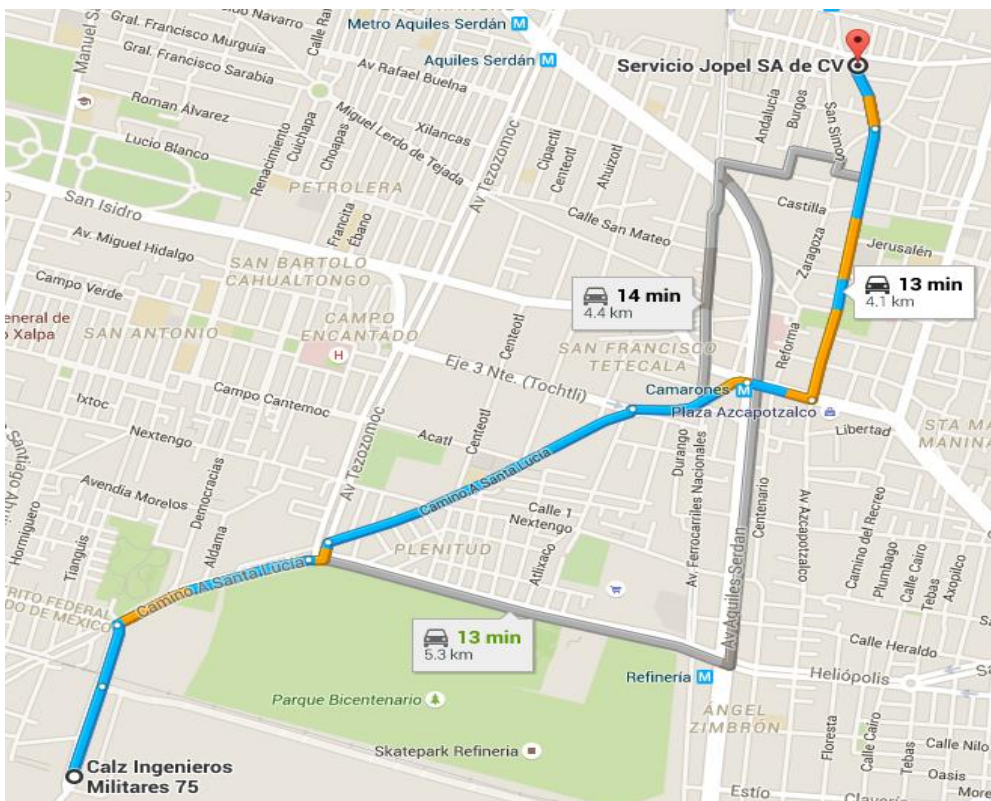
### 11. ES 11

Tezozomoc No. 51 y 53



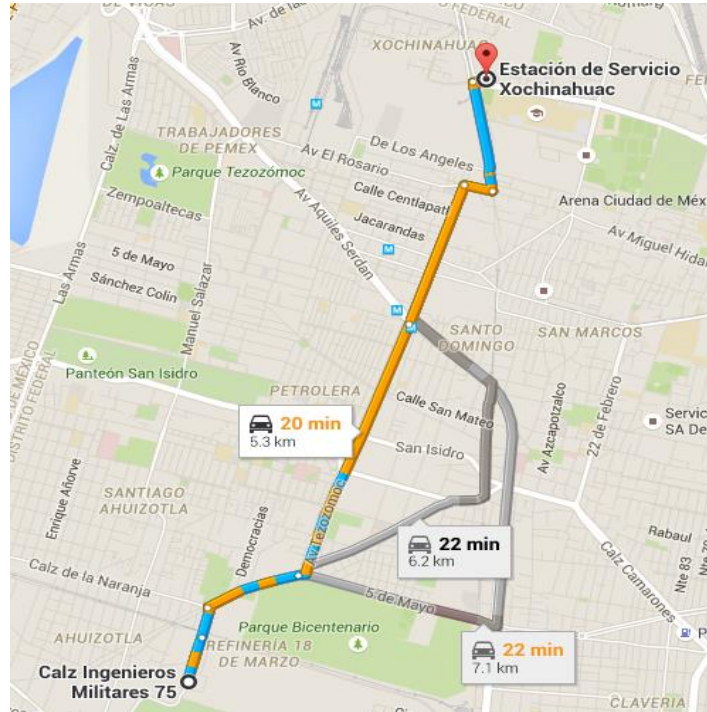
### 12. ES 12

Coachilco No. 61



13. ES 13

Eje 5 Norte No.1020



14. ES 14

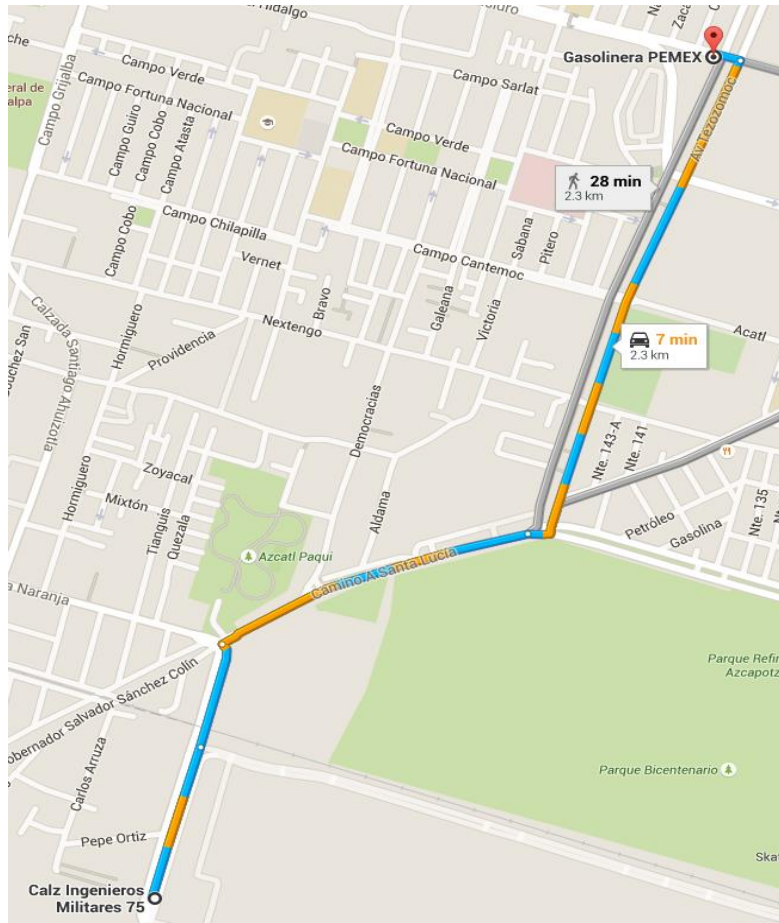
Cuahtémoc No. 40





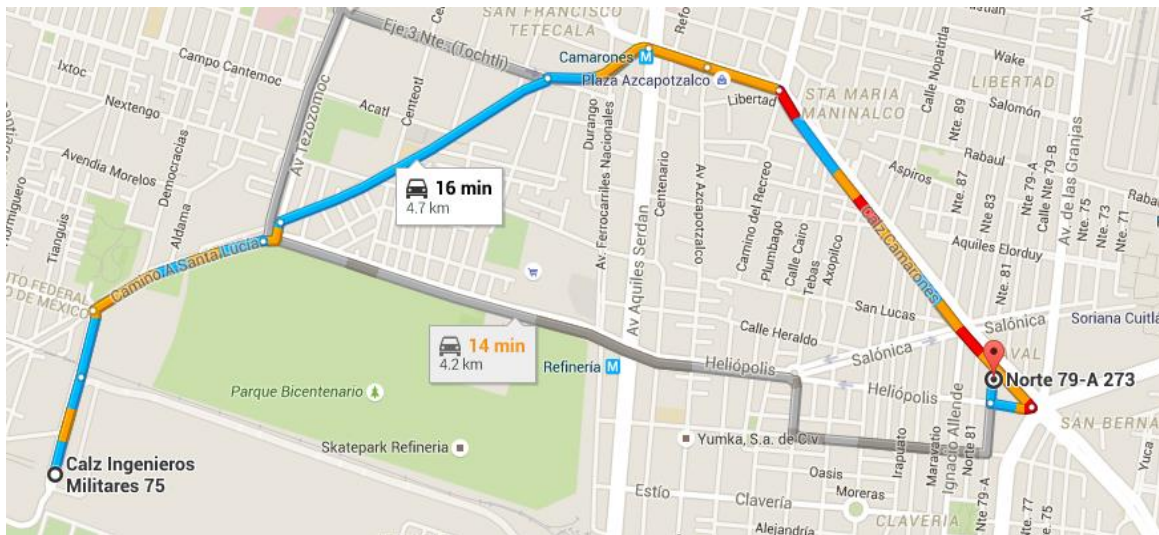
15. ES 15

Av. Tezozomoc No. 246



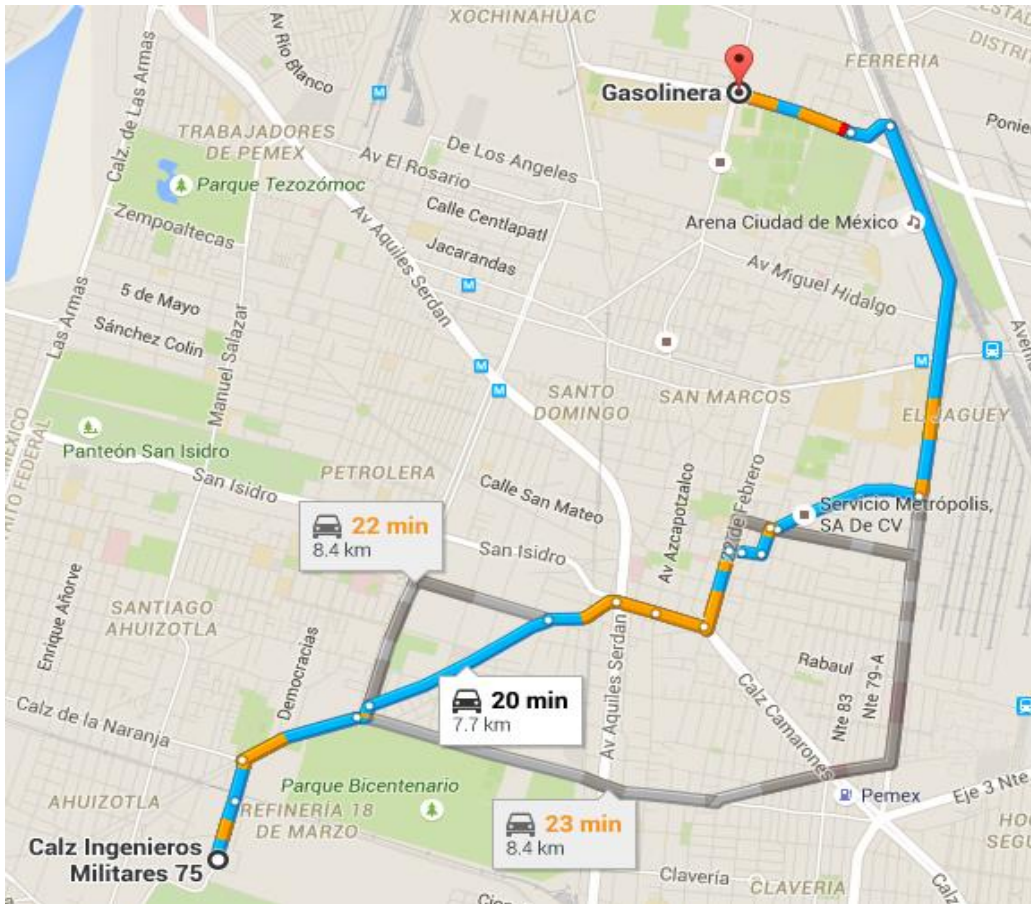
16. ES 16

Norte 79A Esq. Camarones No. 284



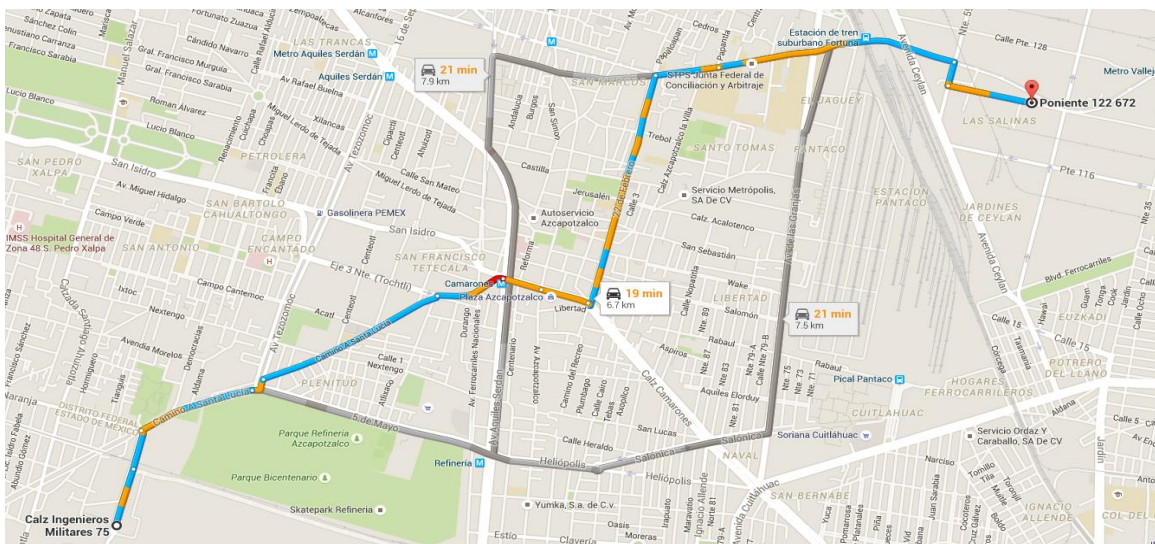
17. ES 17

Av. Deportivo Reynosa, Eje 5 Norte No.1010









18. ES 18

Poniente 122 No. 672



## Tabla de Clasificación de vehículos

TABLA 5.2.2

CAMIÓN UNITARIO ( C )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	
CAMIÓN-REMOLQUE ( C-R )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

Nota: Los camiones unitarios y camión remolque deben circular por los caminos y puentes de jurisdicción federal con las luces encendidas permanentemente.

# Glosario

---

**Pemex Refinación:** Subdirección de Pemex la cual se encarga de los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano.

**TAR:** Terminal de Almacenamiento y Reparto de gasolina a las Estaciones de Servicio.

**SIG:** Sistema de Información Geográfica. Son herramientas informáticas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real.

**Camión unitario de carga:** Vehículo con chasis de entre seis y diez llantas destinado para el transporte de mercancías o para aplicaciones de la industria de la construcción, con peso bruto vehicular de más de 15 toneladas o carga máxima de más de 13 toneladas.