



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
Departamento de Matemáticas**

**TEMA**

Diseño de un plan de Localización Óptimo de Centros de Acopio para una empresa envasadora y distribuidora de Hidrocarburos

**INFORME PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
(Dentro de una materia de la malla)

Previo a la obtención del Título de:  
Ingeniero en Logística y Transporte

**Presentado por**  
Norma Cristina Segovia Oviedo  
Romel Alberto Vera Macías

Guayaquil-Ecuador

2013

# Dedicatoria

Dedico este trabajo:

A Dios por permitirme culminar otra etapa, y llenar mi vida de grandes bendiciones.

A mis padres Héctor y Narcisa por su amor, consejos y paciencia, pero sobre todo el empuje y confianza en cada paso dado, por ser ejemplos de tenacidad y lucha, por enseñarme que nada llega gratis que las cosas se las debe ganar con el trabajo diario.

A mi hermano Daniel, por ser un gran amigo y cómplice; porque las mejores aventuras las hemos pasado juntos. A mis queridas abuelitas Cristina y Norma, a mis tíos Sofía, Mariana, Santiago y Ricardo, a mis primos y demás familiares por tener seguridad en mí; con la esperanza de que lograré todos mis propósitos y alcanzaré las metas trazadas.

A los amigos de las diferentes etapas de la vida; las providencianas, mis goretinas, los politécnicos; y hermanos del alma, no acabaría de nombrar tanta gente especial que he conocido brindándome su apoyo y amistad.

**Norma C. Segovia O.**

# Dedicatoria

Dedicaré este Trabajo plasmado en el presente Informe a mis padres Romel e Inés, que no tienen idea que diablos estudié (lo digo con mucho cariño), si no fuera por el apoyo económico, soportar mi forma de ser, por estar al pendiente de lo que necesitaba, por los buenos y malos momentos que pasamos en nuestras vidas y sobre todo por quererme como los quiero. ¡Muchas gracias!. Los amo.

Gabriela V., mi cable de tierra, mi mejor amiga, gracias por estar conmigo en las situaciones más bipolares de mi vida, por hacerme reír mientras estábamos pasando malos momentos, siempre fuiste la chispa que necesitaba para enfrentar las dificultades en mi vida.

A mi grupo de amigos, Patty, Rita, Jennifer, Gisella, Katherine, Henry por compartir esas ocurrencias originales, por decirme las cosas como son.

A los profesores, y por último a las personas que forman parte esencial en mi vida, como diría alguien, ¡A mi familia de mi linda y bella Esmeraldas!

**Romel A. Vera M.**

# Agradecimiento

A mis padres y a mi hermano por no dejarme decaer frente alguna dificultad, ser mis pilares y mayores motivadores, fomentando la idea que todo se logra a base de esfuerzo.

A mi compañero de proyecto Romel Vera por su gran paciencia y por comprender las difíciles situaciones que me tocó pasar en periodo de realización de éste proyecto.

De igual manera al MAGISTER Erwin Delgado por la guía y ayuda en el desarrollo del proyecto de graduación y a mis demás profesores por sus conocimientos, estímulo y por predicar con el ejemplo.

A Mariana, Lilibeth, Lourdes y Katherine por ser esas voces de aliento cuando mis fuerzas terminaban, por estar pendiente de noticias buenas o malas y por hacerme creer que la esperanza no debe morir y los milagros existen.

**Norma Segovia**

# Agradecimiento

Nada en esta vida me sería suficiente para agradecer a aquellas personas que supieron darme la ayuda que necesitaba para la culminación de este Proyecto.

Mi gratitud al MAGISTER Erwin Delgado por haberme dado la exigencia, por darme la lección de vida de que a veces el sentirse molesto es inevitable, pero sufrirlo es algo opcional, le estoy muy agradecido.

Igualmente a la Ing. Venessa Salazar, por enseñarme que si no se abren los ojos a ciertas circunstancias siempre vivirás creyendo que eres el punto más alto, por ayudarme con el tema del Proyecto de Graduación, por recordarme un frase que dice "Para triunfar en la vida, no es importante llegar el primero. Para triunfar simplemente hay que llegar, levantándose cada vez que se cae en el camino".

Al Ing. Guillermo Baquerizo por ayudarme en la guía de este Trabajo y por meterme en la cabeza que a veces lo invisible y lo inexistente se juzgan de igual forma.

A mis hermanos Tony, Juan, Andrea, Leo, Tammy, Juan Diego por ese gran cariño que sienten por mi, porque ninguna ingratitud los obliga a alejarse y mas porque ninguna indiferencia los cansa. ¡los quiero mucho!

A mis mejores amigos Marcos J., Jorge L., las personas que me ayudaron cuando estaba en el limbo, a ustedes les agradezco infinitamente por estar ahí cuando los necesitaba,

les agradezco de verdad porque a veces es común recordar que alguien nos debe agradecimiento, pero es más común no pensar en quienes le debemos nuestra propia gratitud.

A mi compañera de Proyecto Norma Segovia por soportar mis malos ratos y obligarme a tener paciencia en los momentos más difíciles que pase.

A los amigos que nos traicionan y muchas veces nos hacen sentir en soledad, pero a estos les agradeceré por enseñarme a elegir mejor para otra oportunidad.

**Romel A. Vera M.**

# Declaración Expresa

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica Del Litoral).

---

Norma C. Segovia O.

---

Romel A. Vera M.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

MAGISTER Erwin Delgado Bravo  
DIRECTOR DE PROYECTO  
DE GRADUACIÓN

---

M.Sc. José Villa Vásquez  
DELEGADO



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>14</b>
1.1. Situación actual del negocio . . . . .	15
1.1.1. De la operación . . . . .	16
1.1.2. Sistema contra incendios . . . . .	16
1.2. Problemática . . . . .	17
1.3. Objetivo General . . . . .	18
1.4. Objetivos Específicos . . . . .	18
1.5. Hipótesis . . . . .	19
<b>2. Revisión del Estado del Arte</b>	<b>20</b>
2.1. GLP . . . . .	23
2.1.1. Características del GLP . . . . .	23
2.2. Problema de localización . . . . .	24
2.2.1. Factores que afectan la selección de la localización . . . . .	25
2.2.2. Procedimiento general para la toma de decisiones de localización	27
2.2.3. Métodos de localización . . . . .	27
2.3. Centros de acopio . . . . .	32
2.3.1. Disposiciones legales para la Localización de Centros de Acopio	
Óptimos . . . . .	33
2.3.2. Centros de Acopio dentro del Régimen Oficial N.313 . . . . .	34
2.3.3. Centros de acopio: Construcción y Montaje . . . . .	34
2.3.4. De la operación . . . . .	36
2.3.5. Localización de Centros de Acopio según la Ley de Cuerpo de	
Bomberos . . . . .	38
<b>3. Estructuración de Datos</b>	<b>40</b>
3.1. Información Cantón Guayaquil . . . . .	43
3.2. Ordenanza de construcción de centros de acopio en Guayaquil . . . . .	45
<b>4. Diseño e implementación del modelo matemático.</b>	<b>47</b>
4.1. Supuestos para la formulación matemática del modelo . . . . .	47
4.1.1. Consideraciones del modelo . . . . .	48
4.2. Formulación matemática . . . . .	48
4.3. Variables . . . . .	53
4.4. Función Objetivo . . . . .	53

4.5. Restricciones . . . . .	55
4.5.1. Restricción 1 . . . . .	55
4.5.2. Restricción 2 . . . . .	55
4.6. Análisis de resultado . . . . .	55
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>57</b>
5.1. Conclusiones . . . . .	57
5.2. Recomendaciones . . . . .	58
5.2.1. Trabajos Futuros . . . . .	59

# Índice de figuras

1.1. Presupuesto Estatal del petróleo en el Ecuador . . . . .	15
1.2. Gas centralizado, sistemas contra incendio . . . . .	17
1.3. Localización de centros de acopio . . . . .	18
2.1. Características del GLP . . . . .	24
3.1. Uso de gas como combustible en la provincia del Guayas . . . . .	41
3.2. Sectores de Guayaquil representados en códigos . . . . .	44
3.3. Zonas Industriales Parte A . . . . .	46
3.4. Zonas Industriales Parte B . . . . .	46
4.1. Ilustración de la solución sobre localización . . . . .	56

# Índice de tablas

2.1. Procedimiento general para la toma de decisiones de localización . . . . .	27
2.2. Clasificación de los métodos de localización . . . . .	28
3.1. Combustible o energía para cocinar cantones de la provincia del Guayas	42
4.1. Códigos con los sectores que abarcan PARTE I . . . . .	49
4.2. Códigos con los sectores que abarcan PARTE II . . . . .	50
4.3. Zonas industriales dentro de ciertos sectores de Guayaquil . . . . .	51
4.4. Ejemplo de una matriz de distancias $dist(i, j)$ . . . . .	52
4.5. Ejemplo de una matriz de cobertura $cobt(i, j)$ . . . . .	53
4.6. Gastos generales para el contrucción y montaje de un Centro de Acopio	54

## Resumen

Este trabajo presenta el planteamiento y solución del problema de selección y localización de zonas para la instalación de centros de acopio de una empresa envasadora y distribuidora de hidrocarburos (GLP). Se ha dividido en cuatro etapas de desarrollo tomando en cuenta la información necesaria para la realización del mismo.

En el primer capítulo se realiza una breve descripción de la empresa y características de la planta en Guayaquil, refiriéndonos de la operación y seguridad que posee; así como identificación de la problemática a resolver dentro de este proyecto. En el segundo capítulo se destaca el trabajo de otros autores acerca del problema de localización, por medio de la revisión del estado del arte, indicando conceptos básicos y desglosando algunos métodos y factores a considerar en la elección de la ubicación de instalaciones.

En el tercer capítulo aparece la estructuración de los datos que nos darán una visión más amplia de la problemática a resolver. En el cuarto capítulo se presenta un modelo matemático formulado e implementado que parte de supuestos y consideraciones basados en los requerimientos de la localización de centros de acopio; para realizar luego el análisis respectivo de los resultados obtenidos. Posteriormente se muestran las conclusiones y recomendaciones que surgen después de realizar un trabajo del tipo aplicativo.

# Capítulo 1

## Introducción

La llegada de la tecnología y las exigencias del mercado en querer satisfacer sus necesidades en el momento requerido, empuja a las organizaciones en tomar decisiones a corto y largo plazo.

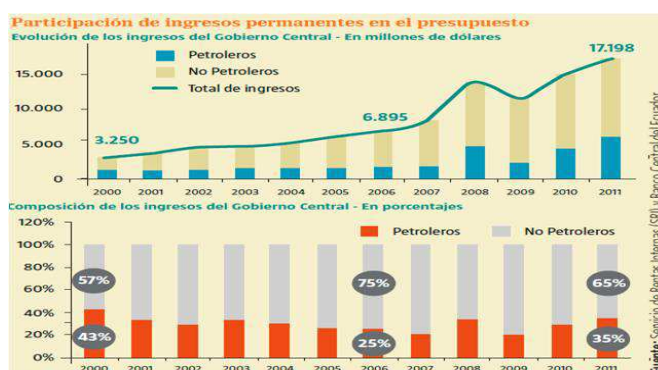
El problema de localización de instalaciones para la realización de las actividades principales o secundarias, forma parte de las decisiones estratégicas de las empresas, una adecuada selección de donde ubicar la infraestructura apoyaría a la objetividad de los procesos de mejora y productividad.

La empresa a la que denominaremos Hidrodienv puntualiza que para la construcción de los centros de acopio se debe acoger las normativas de su organización; del Municipio de Guayaquil según el Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador N. 313[2], así como la Ley de Cuerpos de Bomberos del Ecuador en la que se define con prioridad que los locales deberán ser construidos con materiales incombustibles, amplia y natural ventilación con el fin de evitar la acumulación del GLP en el piso, el que mismo que tiene que ser de materiales no absorbentes, éste a la vez no tendrá desagües ni alcantarillas, su construcción tiene que estar aislada y protegida por una cerca perimetral, la

cual estará colocada a una distancia conveniente del área de almacenamiento, también se procura tomar en cuenta que los centros de acopio se sentarán dentro de las Zonas Industriales que defina la Ordenanza Sustitutiva de Edificaciones y Construcciones del Cantón Guayaquil, por lo cual es necesario un estudio profundo y exhaustivo a través de un análisis de los criterios principales que planteen dichos reglamentos y tratar de diseñar un modelo óptimo que nos ayude en la toma de una decisión.

## 1.1. Situación actual del negocio

Durante algunos años el petróleo ha figurado como base principal de la riqueza del Ecuador fuente y soporte económico, la producción petrolera constituye aproximadamente el 40 % del presupuesto general del Estado, de modo que este recurso no renovable ha sido sinónimo de desarrollo para el país.



**Figura 1.1:** Presupuesto Estatal del petróleo en el Ecuador  
Fuente: Diario el Telegrafo, <http://www.telegrafo.com.ec>

La empresa Hidrodienv, comenzó a trabajar en la década de los 60 es de tipo no familiar y realiza actividades de envasado y distribución de hidrocarburos, brindando sus productos a varios sectores del Ecuador.

En la ciudad de Guayaquil está ubicada una de sus principales plantas donde desarrolla sus actividades.

### **1.1.1. De la operación**

La empresa cuenta con el stock de seguridad para satisfacer las demandas inciertas. Cuenta con los equipos necesarios para la realización de sus controles sobre el peso del GLP envasado, así como comprueba y garantiza:

- i La calidad.
- ii Aptitud técnica.
- iii Aptitud de seguridad de todos los sistemas y los equipos .
- iv Aptitud de seguridad de toda la instalación.

Los cilindros se llenan con el GLP hasta completar el peso igual a la tasa real.

### **1.1.2. Sistema contra incendios**

La planta está provista de un número de convenientes carteles con leyendas de acuerdo al área de peligro bajo la norma INEN 1534, como:

- i Peligro gas inflamable.
- ii Prohibido fumar.
- iii Prohibida la entrada sin autorización.
- iv Velocidad máxima 10 Km/h.
- v Colocar arrestallamas.





**Figura 1.2:** Gas centralizado, sistemas contra incendio  
Fuente: MECHANICAL ENGINEERY S.A.

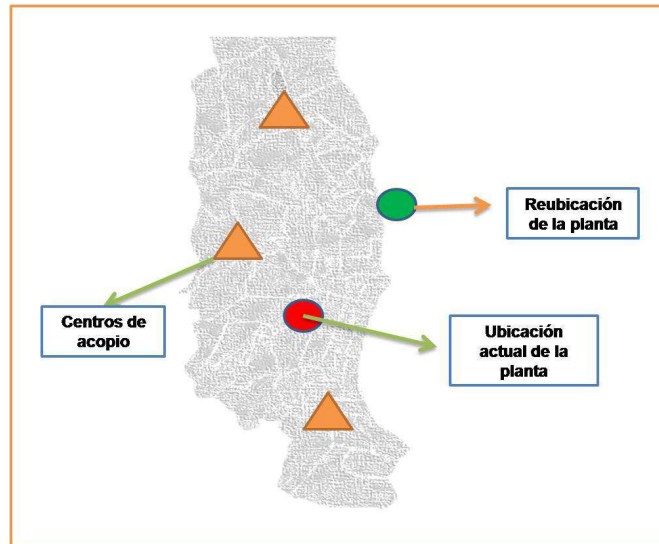
## 1.2. Problemática

La empresa actualmente se encuentra ejerciendo sus actividades de almacenaje y distribución de GLP, con una demanda aumentando año a año.

El lugar donde se encuentra la planta se enfrenta a una ordenanza municipal sobre el uso del suelo, peligro o contaminación ambiental hacia los habitantes cercanos, que los coloca en la necesidad de reubicar su instalación dentro de la periferia cantonal.

Debido a los tiempos normales de construcción de la nueva instalación que reemplace la existente, se plantea la idea de localización de centros de acopio en Guayaquil que contribuyan con la distribución del GLP manejados por la empresa, querer minimizar costos, no siempre debe ser el objetivo de un planteamiento de localización se debe tomar otras consideraciones como: el nivel y volumen de servicio y las limitaciones de instalación.

A continuación se muestra el bosquejo de una posible solución de esta problemática en la Figura 1.3.



**Figura 1.3:** Localización de centros de acopio  
Fuente: Elaboración propia

### 1.3. Objetivo General

Diseñar un plan óptimo de localización de centros de acopio para la distribución de Hidrocarburos-GLP.

### 1.4. Objetivos Específicos

- Analizar diferentes sitios donde se podrían ubicar los centros de acopios de la empresa Hidrodienv.
- Elaborar un modelo matemático adecuado para el análisis de: Costo, distancia, ubicación.

- Seguir las legislaciones y lineamientos que se especifican en los Reglamentos, Normas y Ordenanzas de Ubicación de Instalaciones de Centros de Acopio: ARCH, INEN, Ley de Cuerpo de Bomberos y Ordenanza Municipal.

## 1.5. Hipótesis

Mediante el diseño adecuado de un modelo matemático podremos determinar la cantidad de centros de acopio de hidrocarburos y las zonas donde estos se localizarán, para atender a los clientes de los sectores de Guayaquil.

## Capítulo 2

# Revisión del Estado del Arte

Los problemas de localización de instalaciones han sido analizados y aplicados de diferentes formas. Se conoce que surgen por la necesidad y requerimiento de expandir el mercado o ubicar instalaciones para la respuesta a la demanda.

Luis Gonzalo Acosta Espejo, Rodrigo Ortega et al. [12] realizaron un trabajo en la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile donde se utiliza un modelo para la localización de plantas productoras (Etanol y biodiesel) y centros de acopio; para determinar donde deberían colocarse considerando un conjunto de localidades potenciales para esas nuevas instalaciones. Esta selección se la realiza con el objetivo de minimizar los costos de producción, distribución y transportación, el modelo considera que no existe restricción de capacidad para los productos y subproductos en los centros de acopio. Los resultados reflejan el lugar donde se deben instalar los centros, y luego asigna la cantidad de envío entre las áreas de cultivo, centros de acopio y lugares de consumo. Como parte del objetivo es atender toda la demanda de los productos y subproductos, también realiza un análisis de los escenarios a cubrir, y como realizar el despacho del

producto existente en los centros de acopio.

El Localizar y diseñar un centro de distribución es un trabajo realizado por Pablo Escalona et al.[13] este estudia la localización en un ambiente competitivo en el plano continuo bajo demanda no conocida. El autor propone para su solución un modelo no lineal con restricciones que le permitan determinar la localización, precios y nivel de servicio ofertados. Teniendo en cuenta proveedores, tiempo de reposición, costo de entrega y distancias. Consideró determinar las condiciones del mercado así como el impacto del precio de los competidores y la percepción del nivel de servicio por parte de los clientes. La conclusión del estudio básicamente se centra en el equilibrio entre costo y precio del producto, y evitar que el cliente se incline por la competencia.

Jairo Montoya Torres [14] realiza una combinación de varios modelos:localización, asignación y cobertura. Así como un amplio manejo de conceptos acerca del problema de localización, costos, formulación del problema y otros procesos. Aparecen restricciones de capacidad, demanda, ecuaciones balanceadas. El modelo final le permitió al autor definir cuál es la mejor opción para el transporte desde la ubicación productora, hasta el puerto de distribución más óptimo, analizando la opción de localización de dichos puertos. Los resultados determinaron de un conjunto discreto de lugares ubicados en la geografía de dos países cuales se elegiría para producir y colocar los centros de distribución y las respectivas ciudades donde la empresa todavía no tiene impacto en el mercado.

Es interesante encontrar entre la literatura estudios de localización de instalaciones indeseables, porque la prohibición de uso del suelo, el espacio donde trabajar, evaluación de las posibles zonas de ubicación, modelo de transporte, y lo más importante definir los contaminantes que afectarían el entorno.

Revalanba M. et la. [15] realiza un análisis del nivel de emisión de la contaminación en la planta, no desvinculan del modelo el cálculo de la distancia partiendo de coordenadas. Por consiguiente se puede concluir que el modelo utilizado da a escoger la mejor opción en donde colocar una ladrillera considerada una instalación no común, y así mismo cual sería el número de individuos afectados alrededor de la nueva ubicación. Antonio Moreno Jiménez. [16] fue realizado en la Universidad Autónoma de Madrid, nos ayuda a tener una noción de otra aplicación del problema de localización ya no de departamentos o plantas comunes, sino también de instalaciones perjudiciales, determinar el lugar indicado donde colocarlas tomando en consideración el malestar y peligrosidad que provocan con el nivel de impacto. La función objetivo está expresada tomando en cuenta la razón de intensidad de extensión del campo y sus efectos. Es imprescindible destacar el análisis de contaminación (medioambiental), factores que influirían como restricción del modelo de localización para hacer a éste más realista y no solo considerar maximizar la utilidad.

## 2.1. GLP

El GLP (Gas licuado del petróleo) es un hidrocarburo procedente del petróleo, obtenido durante un proceso de refinación de otro derivado denominado gasolina.

### 2.1.1. Características del GLP

Las principales características del GLP son:

- NO TIENE COLOR, es transparente como el agua en su estado líquido.
- NO TIENE OLOR cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue, llamada etyl mercaptano.
- NO ES TÓXICO, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- ES MUY INFLAMABLE, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa pero es menos inflamable que el aceteleno.
- EXCESIVAMENTE FRÍO, por pasar rápidamente del estado líquido a vapor, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.
- ES LIMPIO, cuando se quema debidamente combinado con el aire, no forma hollín, ni deja mal sabor en los alimentos preparados con él.
- ES ECONÓMICO, por su rendimiento en comparación con otros combustibles.

- ES MÁS PESADO que el aire, por lo que al escaparse el gas, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.

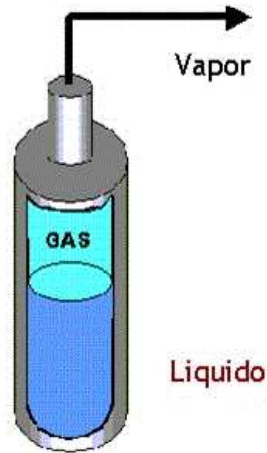


Figura 2.1: Características del GLP

## 2.2. Problema de localización

Localizar es el proceso por el cual se requiere elegir y determinar geográficamente el lugar donde se ubicarán las infraestructuras y recursos para realizar las actividades u operaciones ligadas a la naturaleza y propósito de una empresa. Los problemas de localización, surgen de la necesidad de tomar la decisión de que sitio seleccionar para ubicar una o varias instalaciones cuya infraestructura nos va a servir como:

- Industrias.
- Centros educativos.
- Terminales de transporte.
- Plantas de tratamiento de agua, hidroeléctrico y de residuos.



- Estaciones de auxilio, entre otros.

La localización de instalaciones es un problema que puede estar influenciado bajo algunos factores.

### **2.2.1. Factores que afectan la selección de la localización**

Existen muchos factores (cuantitativos o cualitativos) que pueden influenciar directa o indirectamente en las decisiones de localización [17]varía según la importancia de una industria a otra, teniendo en cuenta que cada empresa buscará de manera específica escoger la mejor ubicación dentro de las situaciones, requerimientos y objetivos determinados. Es prescindible tener las fuentes de abasto cercanas de donde se obtienen las materias primas o se encuentra el proveedor, un factor diferenciador se vería en lo fácil que se puede hacer el uso y acceso al transporte y la proximidad al cliente para la realización de entregas rápidas.

Otros factores que podemos destacar al momento de establecer la selección de ubicación, son los siguientes:

- Disponibilidad de recursos y servicios.
- Costos de Transporte.
- Costos de Distribución.
- Accesibilidad.
- Cambios tecnológicos.
- Factores ambientales.

- Proximidad de proveedores y recursos.
- Tamaño y costo del terreno.

Los costos de transporte y distribución varían de una localización a otra, una mala elección de ubicación afecta el contacto con los clientes y el volumen del negocio. Por lo que es necesario sacar provecho de la localización para bien de la empresa y clientes.

### **Análisis económico**

Éste debe ser uno de los puntos más importantes al querer diseñar un modelo de localización porque estamos sujetos a trabajar muchas veces con el capital o presupuesto limitado por parte de las organizaciones, quienes no desean desperdiciar recursos económicos, por lo cual generan análisis de costos fijos y variables.

**Ingresos independientes de la ubicación** : Como su nombre lo indica no se ve necesario tomarlos en cuenta y se opera más bien con los costos en los que se incurren.

**Ingresos dependientes de la ubicación** : Deben ser incluidos porque parten de la buena elección de la localización. Y según lo que se generen benefician o perjudican el desarrollo de la organización.

---

### 2.2.2. Procedimiento general para la toma de decisiones de localización

El procedimiento de análisis de la localización [18] abarca las siguientes fases:

**Tabla 2.1:** Procedimiento general para la toma de decisiones de localización

Análisis preliminar
Búsqueda de alternativas de localización.
Evaluación de alternativas (análisis detallado).
Selección de la localización.

### 2.2.3. Métodos de localización

Algunos métodos de localización se han desarrollado en los últimos años; podemos citar los aportes de algunos autores como Buffa Elwood, Everett E. Adam, Salvendy G.

A continuación se muestra en resumen de esos principales métodos:[18]

**Tabla 2.2:** Clasificación de los métodos de localización

Autores	Clasificación	Métodos
Buffa Elwood, S (1981)	Modelos para la localización de una planta	Modelo de Brown y Gibson
	Efectos de la inversión de capital y del volumen	Punto de equilibrio
	Localización de varias plantas	Programación lineal (Matriz de distribución, Método de transporte)
	Localización en el extranjero	Simulación Heurístico Técnica de ramificación y acotamiento
Everett E. Adam y Ronald J. Ebert (1981)	Modelos cuantitativos	Modelo matemático
	Segun problemas de localización	Mediana simple Programación lineal Simulación
Salvendy G (1982)	Procedimientos de ubicación	Procedimiento general de ubicación
	Cuantitativos	Aproach del centro de gravedad Aproach de programación lineal
	Otros métodos	Método de Monte Carlos Método de programación heurística.

### **Método de la cuadrícula o del centro de gravedad**

Este método[19] plantea la idea de minimizar costos de transporte totales, cuanto más demanda se tenga en un punto, sería para nuestro análisis atractivo y atrayente. La mejor localización de un almacén, en este caso, cerca del centro de gravedad de un cuerpo imaginario en el que cada punto origen - destino tuviera como densidad el citado producto. La expresión analítica que determina las coordenadas de ese centro de

gravedad  $(\bar{x}, \bar{y})$ .

Una vez que se ha definido un sistema de referencia arbitrario está dado por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i R_i X_i}{\sum_{i=1}^n V_i R_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i R_i Y_i}{\sum_{i=1}^n V_i R_i}$$

Donde:

$V_i$  : Flujo transportado desde el punto  $i$ .

$R_i$  : Tarifa de transporte para enviar una unidad de mercancía desde/a el punto  $i$ .

$(X_i, Y_i)$  : Coordenadas del punto  $i$ .

Las distancias más utilizadas son la distancia Manhattan y la distancia euclidiana, descritas en esta Sección. La distancia Manhattan:

$$d_i = (|X - X_i| + |Y - Y_i|)$$

Para determinar la solución óptima directamente cuando se emplea este tipo de distancia se utiliza el modelo de la mediana simple.

La distancia euclidiana:

$$d_i = K \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2}$$

$\mathbf{K}$  es la escala del plano de donde están ubicados estos puntos; cambiarían nuestras ecuaciones:

Donde cambiaria nuestras ecuaciones:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{V_i R_i}{d_i}}$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{V_i R_i}{d_i}}$$

El método no exacto del centro de gravedad es de muy sencillo uso y se considera una buena aproximación a una solución de menor costo.

### Método Factores ponderados

[19] Ponderar los factores es una manera de asignar valores cuantitativos a todos los factores relacionados con cada alternativa de decisión y de derivar una calificación compuesta que puede ser usada con fines de comparación.

Su aplicación se estructura en los siguientes pasos:

- Identificar los factores relevantes para la decisión
- Asignar una ponderación a cada factor para indicar su importancia relativa.
- Asignar una escala común a cada factor
- Calificar cada lugar potencial de acuerdo a la escala diseñada, y multiplicar las calificaciones por las ponderaciones.
- Sumar los puntos de cada ubicación, y escoger la ubicación que tenga más puntos.

---

La ecuación es la siguiente:

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i F(i, j)$$

Donde:

$S_j$ : Puntuación global de cada alternativa  $j$ .

$W_i$ : Es el peso ponderado de cada factor  $i$ .

$F(i, j)$ : Es la puntuación de las alternativas  $j$  por cada uno de los factores  $i$ .

### **Problema de localización de Instalación simple**

Los problemas de localización[20] para instalación simple se producen en forma regular cuando se trabaja la disposición. El uso de estos modelos deben considerarse especialmente cuando alguna decisión de ubicación debe hacerse rápidamente y con recursos limitados disponibles para el análisis de decisiones.

Algunos ejemplos típicos de problemas de ubicación de una instalación son el lugar:

1. Nuevo almacén de las instalaciones de producción relativa y los clientes.
2. Hospital, estación de bomberos o biblioteca en un área metropolitana.
3. Nuevo edificio de aulas en el campus de la universidad.

A menudo es muy difícil encontrar una única ubicación que cumpla con todos estos objetivos en el nivel deseado y bajo los requerimientos, principalmente cuando las instalaciones son de difícil localización.

**Formulación del problema** :Las entradas de este modelo son las siguientes:

$i$  : el índice de las instalaciones existentes.

$n$  : el número de instalaciones existentes.

**Las salidas del modelo (variables de decisión)** : Los resultados del modelo de este modelo son las siguientes:

- $W = (x, y)$ : coordenadas de la ubicación de la nueva instalación.
- $d(x_i; y_i)$  : la distancia entre las nuevas instalaciones y las instalaciones existentes  $i$ .

**Parámetros** : Los parámetros de este modelo son los siguientes:

- $P_i = (a_i, b_i)$ : coordenadas de la ubicación de las instalaciones existentes  $i$ .
- $w_i$ : pesos de las instalaciones existentes  $i$ .

Una formulación general del problema considerado en este capítulo se puede dar como:

$$f(x) = \sum_{t=1}^m w_t d(X, P_t)$$

El problema de la localización de una instalación consiste en determinar la ubicación de la nueva instalación, decir  $X^*$  que minimiza  $f(x)$ , el costo de transporte anual.

## 2.3. Centros de acopio

Los centros de acopio se los define como una construcción en algún área rural o urbana, ésta permite reunir productos para alcanzar un volumen de operación, en el cual se realiza la preparación del producto para el transporte y ventas en las mejores



condiciones posibles.

Dentro del marco legal del Ecuador [21], un centro de acopio es el establecimiento autorizado por la Dirección Nacional de Hidrocarburos e inscrito en el registro de hidrocarburos de propiedad de una comercializadora o vinculado contractualmente a ésta, que cumple las normas aplicables para prestar servicios de almacenamiento, compresión de ser el caso y realizar entregas de cilindros envasados.

En el Registro Oficial N. 139 [22], las comercializadoras pueden operar centros de acopio, en cualquier lugar del territorio nacional, siempre y cuando éstas estén sujetas a las condiciones, requisitos técnicos, normas de seguridad y calidad, protección ambiental y control establecido por: el INEN (Instituto Ecuatoriano De Normalización), el Cuerpo de Bomberos y el Municipio de la localidad y otras entidades.

### **2.3.1. Disposiciones legales para la Localización de Centros de Acopio Óptimos**

Para tomar en cuenta las zonas donde podrían ubicarse los centro de acopio se deben tomar en cuenta que los sitios donde estarán localizadas deben tener una distancia mínima de seguridad sin perjuicios de otras disposiciones legales vigentes como las que se nombran a continuación[23]:

- De las líneas férreas se debe tomar una distancia de 15 metros.
- De los locales en los cuales se pueden almacenar materiales inflamables se debe tomar una distancia prudente de 50 metros.

- De los edificios industriales se debe tener una distancia de 8 m.
- De edificios y lugares de concentración pública se debe tener una distancia de 50 metros.
- De los lugares de circulación pública se debe tener una distancia de 50 metros.
- De las estaciones o subestaciones de energía eléctrica se debe tomar una distancia prudente de 100 metros.

Hay que tomar en cuenta que si la cantidad de almacenamiento no excediere de 10.000 Kg, estas distancias se reducirían a la mitad. Las distancias que se han nombrado se tomarán en consideración siempre y cuando sean desde el área efectiva de almacenamiento de los recipientes.

### **2.3.2. Centros de Acopio dentro del Régimen Oficial N.313**

Según el Capítulo III del Registro Oficial N. 313 (Órgano del Gobierno del Ecuador), se deben efectuar las normas vigentes, y deberán observar y cumplir las siguientes disposiciones:

- Centro de acopio: Construcción y Montaje.
- De la operación.

### **2.3.3. Centros de acopio: Construcción y Montaje**

Según el Art. 20 dentro De los Centro de Acopio de Depósitos de Distribución del Registro Oficial N. 313 indica que para los Centros de Acopio[24] se deberán observar

y cumplir con las ciertas disposiciones haciendo énfasis en la norma técnica vigente que son:

- Los locales tiene que ser construidos con materiales incombustibles, amplios y con ventilación natural a fin de evitar la acumulación de GLP en el piso, el mismo que tiene que ser de materiales no absorbentes y no tendrá desagües ni alcantarillas.
- Las construcciones deben ser de un solo piso; los materiales de las paredes y el techo podrán ser de tipos ligeros y no inflamables. Si éste fuese de un material tipo pesado se deberán hacer aberturas convenientes para el escape de las ondas en el caso de que exista una explosión.
- Las instalaciones eléctricas y de iluminación serán a prueba de explosión.
- La construcción deberá estar aislada y protegida por una cerca perimetral, la cual estará colocada a una distancia conveniente del área de almacenamiento.
- El piso del área para almacenamiento deberá estar sobre el nivel del suelo, por lo menos en el lado de la zona de carga y descarga de los cilindros, y será; horizontal y convenientemente compactado y rellenado, de tal manera que los cilindros permanezcan firmemente en posición vertical, y no queden espacios inferiores donde pueda acumularse GLP.
- El área de almacenamiento tendrá acceso al aire libre.
- Las aberturas estarán ubicadas adecuadamente unas con relación a otras.

- Las áreas de almacenamiento de cilindro para GLP, estarán totalmente aisladas de las oficinas, garajes y demás dependencias, así como de los predios vecinos.
- Debe tener un mínimo de 3.000 cilindros para su operación y contar con el área suficiente para su almacenamiento.
- Deberá contar con el espacio suficiente para maniobra de los vehículos que carguen y descarguen cilindros de GLP.

#### **2.3.4. De la operación**

Dentro del entorno de lo que serían la operación de los Centros de Acopio[25], es de vital importancia tomar en cuenta los siguientes artículos:

- El artículo 22 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: la capacidad máxima de almacenamiento por cada metro cuadrado será de 270 Kg, del GLP en cilindros es decir 18 cilindros de 15 Kg dispuestos hasta máximo en dos niveles separados entre asa y base por tabiques de madera.
- El artículo 23 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: en ningún caso se puede tener o guardar recipientes llenos del GLP con fines especulativos o de acaparamiento.
- El artículo 24 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: sin perjui-

cios de otras disposiciones vigentes, se deberá contar con un extintor de 15 Kg, de capacidad de polvo químico por cada 2000 Kg, del GLP almacenado.

- El artículo 25 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: se deben colocar letreros individuales con las siguientes leyendas legibles a 20 metros:
  - PROHIBIDO FUMAR.
  - PELIGRO GAS INFLAMABLE.
  - PROHIBIDA LA ENTRADA A PERSONAS PARTICULARES.
  - LOGOTIPO Y NOMBRE DE LA COMERCIALIZADORA.
  - OBLIGATORIO USAR ARRESTALLAMAS.
  - PRECIO OFICIAL.
- El artículo 26 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: el local solo se dedicará exclusivamente al expendio de cilindros envasados con GLP.
- El artículo 27 de la operación de los Centros de Acopio nos dice que: se deben tener como mínimo 3 extintores de polvo químico de 5 Kg, de capacidad cada uno.

---

### 2.3.5. Localización de Centros de Acopio según la Ley de Cuerpo de Bomberos

Según la Ley Cuerpo de Bomberos[26], un centro de acopio debe cumplir con las siguientes disposiciones contempladas en la norma NTE INEN 1534:

Como norma principal considera centro de acopio aquellos centros de almacenamiento mayores de 3.000 cilindros de 15 Kilos y centros de distribución a aquellos que permita abastecimiento menos a 500 cilindros de 15 kg.

Estas instalaciones deben cumplir con ciertas disposiciones que nos dice la Ley de Cuerpo de Bomberos, donde se analizan ciertas normas similares a la del Registro Oficial N. 313, donde nos dan ciertas especificaciones como que: la construcción podría ser de un solo piso con material de construcción no inflamable debe tener escape de ondas de explosión, además nos dice que las instalaciones eléctricas como de iluminación serán a prueba de explosión para evitar catástrofes dentro de la instalación.

La construcción de las instalaciones debe estar aislada y protegida por una cerca perimetral colocada a una distancia conveniente del área de almacenamiento.

Dentro del área de almacenamiento éste tendrá acceso al aire libre de modo que por cada metro cúbico ( $m^3$ ) de volumen encerrado se disponga de  $0.072 m^2$  para ventilación, éstas deben contar con un extintor de 30 libras de capacidad de polvo químico seco por cada dos mil Kilogramos (2.000 Kg) de GLP almacenados.

Se deben colocar letreros de peligros donde le advierta al empleado de los riesgos que corre si realiza cierta actividad que se especifique en las rotulaciones.

Como base principal para un centro de acopio su área para el funcionamiento debe tener

dos mil metros cuadrados ( $2000 m^2$ ).

## Capítulo 3

# Estructuración de Datos

La empresa está dividida en plantas las mismas que se encuentran ubicadas en las Provincias de Pichincha, Santo Domingo, Manabí, El Oro; sin embargo la planta que se encuentra ubicada en la provincia de Guayas, es para la cual se está realizando este proyecto, ya que esta tiene que ser reubicada, motivo por el cual se analiza qué cantón de la provincia de guayas es el mayor consumidor de gas.

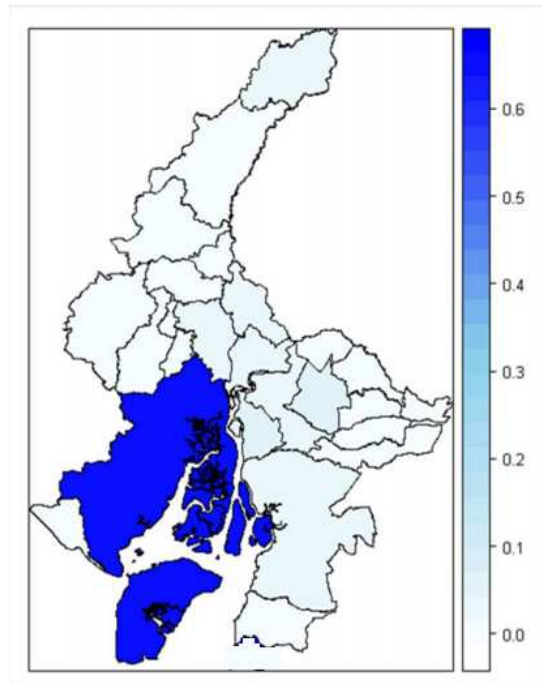
En la provincia del Guayas existen 1'077.947 viviendas y 910.002 hogares; de los cuales, 94.89 % utilizan como principal combustible el gas (tanque o cilindro). De esta provincia el cantón Guayaquil, es el mayor consumidor de gas con 574.289 hogares que consumen dicho hidrocarburo, representando el 95,90 %, el mismo que será la población objetivo.

<sup>1</sup> Para una mejor ilustración se ha realizado un mapa temático Figura 3.1 en el cual la intensidad del color azul representa el cantón con mayor consumo de gas.

---

<sup>1</sup>Fuente: INEC(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) Datos del Censo Poblacional realizado en el año 2010





**Figura 3.1:** Uso de gas como combustible en la provincia del Guayas  
FUENTE: Elaboración propia.

Según el Censo 2010 <sup>2</sup>, los habitantes de la provincia del Guayas con mayor representación en el uso de combustible o energía para efectos de cocinar se sitúan en el cantón Guayaquil con una proporción del 0.647 en comparación a los otros cantones:

**Tabla 3.1:** Combustible o energía para cocinar cantones de la provincia del Guayas

	Cantón	Cantidad de hogares que utilizan Gas (Tanque o Cilindro)	Proporción
1	El Empalme	17.010	0.019
2	Balzar	12.053	0.013
3	Palestina	4.062	0.004
4	Salitre	14.201	0.016
5	Santa Lucía	9.797	0.011
6	Simón Bolívar	6.567	0.007
7	Naranjito	9.520	0.010
8	Coronel Marcelino Maridueña	3.104	0.003
9	Daule	30.508	0.034
10	Pedro Carbo	10.705	0.012
11	Nobol	4.849	0.005
12	Bucay	2.747	0.003
13	Colimes	5.180	0.006
14	Lomas de Sargentillo	4.619	0.005
15	Playas	10.059	0.011
16	Isidro Ayora	2.753	0.003
17	Jujan	6.289	0.007
18	Yaguachi	15.115	0.017
19	Eloy Alfaro	60.846	0.067
20	Milagro	42.978	0.047
21	Guayaquil	588.734	0.647
22	El Triunfo	10.890	0.012
23	Balao	4.941	0.005
24	Naranjal	16.737	0.018
25	Samborondón	15.738	0.017
	Total de hogares que consumen gas en el cantón Guayas	910.002	1.000

FUENTE: INEC

<sup>2</sup>Fuente: INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) Datos del Censo Poblacional realizado en el año 2010

### **3.1. Información Cantón Guayaquil**

El Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), nos indica que la ciudad de Guayaquil es la más poblada del país con 2'291.158 habitantes.

#### **Ubicación Geográfica**

Guayaquil esta dividido en treinta y ocho sectores principales entre parroquias urbanas y rurales, los cuales estan repartidos: Noroeste, Noreste, Suroeste, Sureste, para la localización del centro de acopio, se trabajará con un mapa de Guayaquil el cual representa a los sectores por medios de códigos, en el que dentro de ciertos sectores se han señalado zonas industriales para la localización. Figura 3.2.



**Figura 3.2:** Sectores de Guayaquil representados en códigos  
Fuente: Plano 2010 Guayaquil, INEC.

## 3.2. Ordenanza de construcción de centros de acopio en Guayaquil

Para la edificación de centros de acopio esta deberá ajustarse a la línea de construcción establecida por la Ordenanza sustitutiva de edificación de la ciudad de Guayaquil. A continuación se detallan los sectores de uso permitidos y condicionados para los centros de acopio.<sup>3</sup>

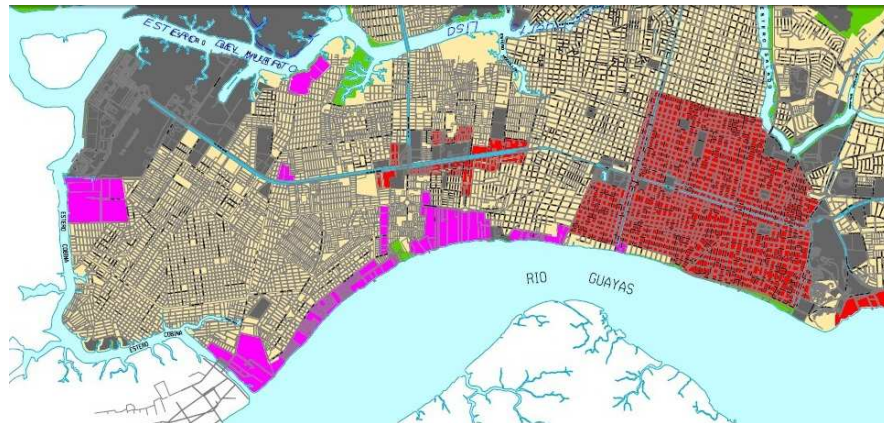
### Usos Permitidos

- Subzona ZI-1 (Industria mixtificada con otros usos).
- ZI-2 ( código 27-2).
- ZI-3 ( código 27-2).
- ZI-4 (código 27-3).

La ciudad tiene un anillo vial (Vía Perimetral), que es utilizado como vía rápida de transporte entre los distintos puntos de la ciudad y carreteras de enlace. Las zonas industriales dentro de los sectores se muestran como en Figura 3.3 y Figura 3.4 de color rosa intenso.

---

<sup>3</sup>Ordenanza sustitutiva de edificaciones y construcciones del cantón Guayaquil, Cuadro de compatibilidad de usos.



**Figura 3.3:** Zonas Industriales Parte A

Fuente: Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, Pag.73.



**Figura 3.4:** Zonas Industriales Parte B

Fuente: Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, Pag.73.

# Capítulo 4

## Diseño e implementación del modelo matemático.

En este capítulo se presentará la propuesta de un modelo matemático que nos permita determinar el número de centros de acopio necesarios para que la empresa Hidrovienv pueda brindar el servicio a sus clientes, así como el costo al que se incurriría por su montaje en la localización.

### 4.1. Supuestos para la formulación matemática del modelo

- La Ordenanza Municipal de uso de suelo, ARCH, INEN 2266:2000, Ley de Bomberos, son reglamentos que se ajustan a las condiciones del problema a resolver y no sufrirán modificaciones significativas dentro del horizonte de planeación de la localización de los centros de acopio.
- Se parte de un conjunto discreto de posibles localizaciones.
- Asumimos que en las posibles localizaciones se cuenta con el espacio físico apropiado para la construcción de los centros de acopio.

- La empresa nos permitirá ubicar hasta tres centros de acopio, por condiciones de políticas internas, costos fijos de instalación y construcción; y por ajustarse a las zonas por el uso del suelo e impacto ambiental.

#### 4.1.1. Consideraciones del modelo

- Se calcularán por medio de la Aplicación Google Maps las distancias entre los clientes y las posibles localizaciones, con la característica de uso de transporte auto, considerando puntos referenciales.
- La empresa cuenta con 38 sectores (clientes).
- El conjunto discreto de localizaciones son lugares autorizados por la Municipalidad de Guayaquil, considerados de tipo industrial.
- Partiendo de las posibles localizaciones se busca cuales recubrirían a los clientes

## 4.2. Formulación matemática

Sea  $i \in I$  índice de clientes (sectores) y  $j \in J$  índice de localizaciones donde colocar los centros de acopio. Donde  $|I|= 38$  y  $|J|= 22$ . Definimos los elementos del conjunto  $I$  a los sectores:

AK1,BJ1,BI1,CH1,EG1,FF1,HD1,GE1,KA1,LV,MW,JB1,IC1,PS,OT,UU,MZ,MY  
 MX,NO1,SP,RQ,QR,TJ,UI,VH,WF,D1K,C1E,XG,B1D,YC,A1B,ZA,G1L,H1M,  
 NN,J11.



Los códigos de ubicación que abarcan los siguientes sectores de Guayaquil, véase en tabla 4.1 y 4.2

**Tabla 4.1:** Códigos con los sectores que abarcan PARTE I

Código	Sector
AK1	Vía Daule Norte
BJ1	Lago Capeira
BI1	Pascuales
FF1	Pascuales
HD1	Orquídeas Este, Vergeles
GE1	Bastión Popular, Orquídeas Oeste
KA1	Montebello
JB1	Quinto Guayas Oeste
IC1	Quinto Guayas Este, Samanes, Guayacanes
PS	El Cóndor, Alborada Este, Los Sauces, Acuarela
OT	Lomas De Prosperina, Los Álamos, Alborada Oeste, Urdesa
ÑU	Florida, Juan Montalvo
MZ	Monte Sinaí A
MY	Monte Sinaí B
MX	Monte Sinaí C
NO	Tarqui, Puerto Azul Norte
SP	Los Ceibos
RQ	Urdesa
QR	Kennedy, Simón Bolívar, La Fae, Garzota
TJ	San Eduardo
UI	Bellavista, Paraíso

**Tabla 4.2:** Códigos con los sectores que abarcan PARTE II

VH	Urdaneta, Sucre, 9 De Octubre, Bolívar, Olmedo, Rocafuerte, Roca Cerro Del Carmen, Atarazana, Pedro Carbo, Las Peñas
WF	Estero Del Salado, Abel Gilber, Febres Cordero, Puerto Lisa, Letamendi
D1K	Puerto Azul Sur
XG	García Moreno, Guangala, Los Almendros, La Saiba, 9 De Octubre Este Las Américas, Del Centenario, Cuba, Del Astillero, Ayacucho
B1D	Batallón Del Suburbio, Trinitaria, Luz Del Guayas
YC	Huancavilca, Sopeña, Los Esteros, Pradera, Floresta
A1B	Ximena, Guasmo Oeste
ZA	Union, Guasmo Este
H1M	Chongón

Existen los códigos (NN, J1Ñ, CH1, EG1, LV, MW, C1E, G1L) pero no poseen sector ya que en el mapa que estamos tomando como referencia no se señala que se los están cubriendo, esto es por la desactualización del mismo.

Por otro lado los elementos de  $J$  son las zonas industriales condicionadas las cuales denotaremos con una expresión algebraica conformada por  $z$  y un número:

Z2, Z3, Z27, Z28, Z29, Z42, Z69, Z72, Z113, Z149, Z148, Z214

Z279, Z280, Z281, Z282, Z311, Z350, Z425, Z430, Z434, Z477.

Estas zonas industriales se encuentran dentro de ciertos sectores cuales se los detalla en la tabla 4.3

**Tabla 4.3:** Zonas industriales dentro de ciertos sectores de Guayaquil

Cód.Sector	Cód.Zona Industrial	Cód.Sector	Cód.Zona Industrial
ZA	Z2	ÑU	Z279
ZA	Z3	ÑU	Z280
ZA	Z27	ÑU	Z281
ZA	Z28	ÑU	Z282
ZA	Z29	ÑU	Z311
YC	Z42	ÑU	Z350
YC	Z69	KA1	Z425
YC	Z72	XG	Z113
VH	Z214	XG	Z149
GE1	Z430	XG	Z148
GE1	Z434	EG1	Z477

Consideramos dos matrices;

- Sea  $dist(i, j)$   $m \times n$  una matriz de dimensiones  $m = 38$  y  $n = 22$ , cuyos elementos representan las distancias desde los clientes hacia los posibles lugares de localización.

**Tabla 4.4:** Ejemplo de una matriz de distancias  $dist(i, j)$ 

	Z2	Z42	Z113	Z149	Z148	Z282	Z311	Z350
AK1	40.3	34	36.6	25.3	24.6	19.9	15.6	12.3
BJ1	31.5	25.7	25	15.4	14.8	14	7.1	6.6
BI1	31	25.3	36.6	25.3	24.6	19.9	15.6	12.3
CH1	34.04	27.7	30.3	17.3	21.4	15.9	8	6.5
EG1	33.9	27.6	30.2	19	18.3	13.5	8.9	5.9
FF1	32	25.7	28.3	17.5	19.4	10.1	5.9	7.1
HD1	33.6	27.3	29.9	16.5	21	12.3	6	6.1
GE1	33.2	26.9	29.5	16.2	20.6	10.9	9.6	5.8
HD1	32	25.7	28.3	17.5	19.4	10.1	5.9	7.1
KA1	35.5	28.2	30.8	17.6	19.7	12.2	8.4	4.6
LV	30.6	24.4	26.9	18.2	18	12.6	5	5.2

- Sea  $cobt(i, j)$   $m \times n$  una matriz binaria de dimensiones  $m = 38$  y  $n = 22$ , donde:

$$cobt(i, j) = \begin{cases} 1; & \text{si el cliente } i \text{ esta siendo cubierto por la zona } j \\ 0; & \text{si el cliente } i \text{ no es cubierto por la zona } j \end{cases}$$

Cuando la posici3n  $(i, j)$  de la matriz  $cobt(i, j)$  toma el valor de cero no se debe tomar en consideraci3n la relaci3n entre cliente  $i$  y la zona  $j$ ; esto ocurre porque no se encuentra dentro del rango de cobertura de los 25 kil3metros.

**Tabla 4.5:** Ejemplo de una matriz de cobertura  $cob(i, j)$ 

	Z2	Z42	Z113	Z149	Z148	Z282	Z311	Z350
AK1	0	0	0	0	0	1	1	1
BJ1	0	0	0	1	1	1	1	1
BI1	0	0	0	1	1	1	1	1
CH1	0	0	0	1	1	1	1	1
EG1	0	0	0	1	1	1	1	1
FF1	0	0	0	1	1	1	1	1
HD1	0	0	0	1	1	1	1	1
GE1	0	0	0	1	1	1	1	1
KA1	0	0	0	1	1	1	1	1
LV	0	0	0	1	1	1	1	1

### 4.3. Variables

La variable  $Y_j$  de características binaria donde:

$$Y(j) = \begin{cases} 1; & \text{si se considera la localizacion } j \text{ para colocar el centro de acopio} \\ 0; & \text{sino se considera la localizacion } j \end{cases}$$

Determinamos como  $\beta_i$  a una variable que me indicará la distancia que existe entre un cliente  $i$  hacia las zonas.

$$\beta_i \geq 0$$

### 4.4. Función Objetivo

El objetivo es minimizar la distancia entre los clientes - zonas para que si el centro de acopio se construye sea el proveedor del producto para dichos clientes, consideramos también un costo de apertura  $cost_j$  donde incluimos gastos de construcción y montaje como lo muestra la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6:** Gastos generales para el construcción y montaje de un Centro de Acopio

GASTOS	VALOR (en dólares)
Preliminares	16.000
Área de mano de obra	26.000
Plataforma de almacenamiento	20.000
Equipos contra incendios	1.620
Cerramiento perimetral	3.000
Oficina	6.200
Trabajos varios	2.500
Trabajos eléctricos	1.300
Cilindros	50.400
Personal Operativo	57.701
Materiales y suministros	6.207
Mantenimiento	14.040
Otros	22.800
Costos de operación variables	9.000
Personal administrativo	20.740
TOTAL	257.507

$$\min \left\{ \sum_i \min_j \{ dist_{ij} cobt_{ij} Y_j \} + \sum_j Y_j costo_j \right\}$$

Es importante destacar que el modelo es no lineal, por lo cual se crea la necesidad del uso de un artificio matemático para linealizarlo.

Considerando una variable  $\beta_i$  definida anteriormente nuestra función objetivo quedaría de la siguiente manera:

$$\min \left\{ \sum_{i=1} \beta_i + \sum_j Y_j costo_j \right\}$$

## 4.5. Restricciones

### 4.5.1. Restricción 1

Cada cliente  $i$  al menos sea cubierto por una localización.

$$\sum_j C_{obt_{ij}} Y_j \geq 1 \quad \forall i$$

### 4.5.2. Restricción 2

Para cada cliente  $i$  se buscara que considere la mínima distancia hacia la posible localización tomando en cuenta si está cubierto por la zona  $j$  y en esa posible localización se coloca un centro de acopio.

La variable  $\beta_i$  va estar sujeta a:

$$\beta_i \leq dist_{ij} c_{obt_{ij}} + (1 - Y_j)M \quad \forall i \quad \forall j$$

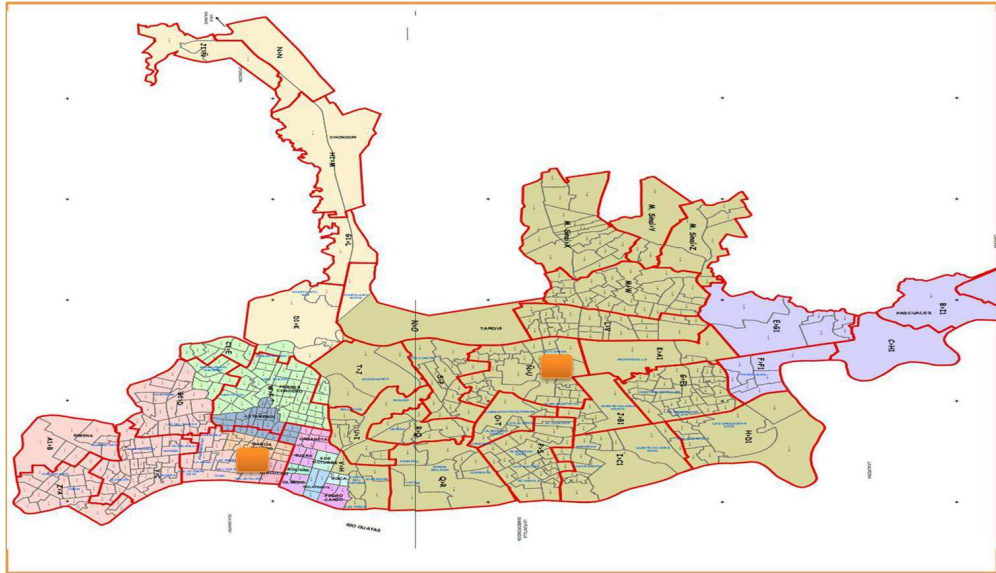
*Nota:  $M$  representa a un escalar con valor mayor a 100*

## 4.6. Análisis de resultado

El modelo matemático se lo implementó en el software comercial GAMS, General Algebraic Modeling System. En NEOS, servidor para problemas de optimización con una licencia estudiantil.

Como resultado se indicó la apertura de dos centros de acopio en zonas industriales de códigos z149, z311 que pertenecen los sectores XG (Parroquia García Moreno) y ÑU

(Florida) de Guayaquil como se presenta en la Figura 4.1, que permite brindar servicio a todos los clientes (sectores) de Hidrodienv.



**Figura 4.1:** Ilustración de la solución sobre localización  
FUENTE: Elaboración propia.



# Capítulo 5

## Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

El presente trabajo nos lleva a concluir que un plan de localización debe ser diseñado y estructurado de forma oportuna para poder garantizar la rentabilidad y eficiencia que se espera.

- El costo de colocar un centro de acopio es de doscientos cincuenta y siete mil quinientos siete dólares (257.507.00), considerando gastos totales para la construcción y montaje de un centro de acopio: gastos preliminares, de mano de obra, gastos de la plataforma de almacenamiento y cerramiento perimetral, gastos por equipos contra incendios, oficina, trabajos varios y eléctricos, gastos por personal tanto operativo como administrativo, gastos por mantenimiento y costo por operación, en el caso de este proyecto será necesario la apertura de más de un centro de acopio, por lo cual ese costo se incrementará.
- De las veintidós zonas condicionadas donde podríamos colocar los centros de acopio, nos dio como resultado la construcción de dos centros situados en puntos

opuestos y de ubicación distante, con los que se considera brindar producto a todos los clientes.

## 5.2. Recomendaciones

- El modelo matemático no ha considerado la información de las vías de acceso que el cliente podría considerar para llegar al centro de acopio, eligiendo la localización que le quede más cercana.
- En esta clase de proyectos la limitante principal consiste en definir los sectores donde colocar la infraestructura para actividades de almacenaje de productos de características inflamables, cuyo datos fueron obtenidos por una investigación de las zonas industriales condicionadas y asumiendo que ese lugar cuenta con la dimensión de terreno necesario para la construcción del centro de acopio.
- Por motivos de ser un caso de estudio se partió de algunos supuestos como disponibilidad de terreno en todas las zonas industriales tomadas en consideración para el modelo, pero en la práctica se necesitaría el recurso de investigación de campo para tener una visión más amplia de los lugares a seleccionar; los cuales serían el conjunto discreto de posibles localizaciones.
- En este tipo de proyecto se puede incorporar la consideración de realizar un ruteo de vías permitidas y horario de circulación; para la distribución de gas en cilindro. Otro análisis sería el dimensionamiento del centro de acopio y los recursos necesarios para su operatividad.

### **5.2.1. Trabajos Futuros**

Después de que un trabajo es concluido y analizado quedan situaciones pendientes que pueden ser parte de un estudio posterior para otros autores, por eso algunas pautas para completar este tópico acerca de la localización de centros de acopio podrían partir de las siguientes consideraciones:

#### **Análisis de Terreno**

Determinada las dos ubicaciones para colocar nuestros centros de acopio, es importante tener una visión acerca del terreno y la disponibilidad de asentamiento dentro de las zonas industriales z311 y z149 pertenecientes a los sectores ÑU y XG.

Así como las disposiciones para el uso y calidad del suelo por el volumen de la operación a soportar, es importante tener información de mapas actualizados, futuras construcciones cercanas a nuestros puntos de localización.

#### **Análisis del Impacto Ambiental**

Como el producto a manejar es de tipo inflamable, es importante conocer los modelos legales ambientales que proponen las diferentes entidades reguladoras.

Se conoce que el GLP (Gas Licuado de Petróleo) tiene un menor impacto ambiental de entre todos los combustibles, pero esta condición no lo excluye de ser un compuesto peligroso durante su manipulación o almacenamiento éste puede provocar la emisión de gases, por otro lado se encuentra la contaminación de polvo provocado durante la operación de estiba y la transportación sobre las vías no pavimentadas o en mal estado.

#### **Diseño y montaje del centro de acopio**

El diseño de una instalación debe ser sujeto al tipo de producto a almacenar y las ope-

raciones a realizarse dentro de ésta, así como tomando en consideración la ubicación del local en el caso del centro de acopio debemos tomar en cuenta:

- Capacidad de almacenamiento de la planta.
- Demanda, disponibilidad de materia prima, tecnología, personal.
- Costo estimado del centro de acopio (mano de obra, operación)
- Cronograma de implementación

Es importante determinar el tipo de construcción, la ventilación, instalaciones eléctricas, letreros de seguridad, extintores, entre otros equipos y estructuras necesarias en el montaje de un centro de acopio.

### **Ruteo vehicular**

En el tema del ruteo vehicular interviene la capacidad y tipo de flota, las vías de accesibilidad, el horario de tránsito para vehículos que transportan GLP, la ubicación de los centros de acopio y los clientes. Tomar en consideración que la actividad de transporte puede ser punto del cliente -centro de acopio o viceversa. Existen algunos modelos matemáticos o métodos que podrían ayudar a definir las rutas factibles para la transportación de un producto de tipo inflamable.

### **Análisis de la factibilidad**

Descubrir si los parámetros y soluciones en este tipo proyecto se ajustan a cumplir con los objetivos de la organización considerando los recursos limitados que muchas veces

las empresas poseen, es primordial que se realice el estudio de oportunidades y competencias altamente viables, esperando así el incremento de la rentabilidad sobre el capital invertido.

- Identificando si existe un riesgo del tipo financiero u organizacional, que afecte en la toma de decisiones al poner en marcha el proyecto, con el fin de poder estandarizar procesos y buscar las mejores estrategias para las operaciones.
- Dentro de un análisis de factibilidad deberíamos incluir.
  1. Estudio de mercado (oferta-demanda).
  2. Estudio tecnológico.
  3. Legislaciones.
  4. Administrativo, financiero y desarrollo económico.

Para el estudio de oportunidades y competencias altamente viables, esperando así el incremento de la rentabilidad sobre el capital invertido.

# Bibliografía

- [1] Sangolquí. Raúl A. Gallegos B. y Sergio A. Yévenes G.(2007). *Elaboración de los procedimientos de Inspección Técnica y Reparación por Soldadura de Recipientes a Presión de Repsol- YPF Ecuador en el Bloque 16 de acuerdo a las normas API 510 - API RP 572 - API RP 577- API RP 579*. Capítulo I: REPSOL- YPF ECUADOR.
- [2] Órgano del Gobierno del Ecuador,Registro Oficial N. 313. (1998) *Planta de Almacenamiento y Envasado. Administración del Sr. Dr. Fabián Alarcón Rivera*. Capítulo II.
- [3] Órgano del Gobierno del Ecuador,Registro Oficial N. 313. (1998). *De los Centros de Acopio y Depósito de Distribución. Administración del Sr. Dr. Fabián Alarcón Rivera*. Capítulo III.
- [4] Órgano del Gobierno del Ecuador,Registro Oficial N. 313. (1998). *Sistema de Transporte del GLP. Administración del Sr. Dr. Fabián Alarcón Rivera*. Capítulo V.
- [5] Departamento de Planeación Urbano del Municipio de Guayaquil. *Una colaboración del Ministerio de Bienestar Social y Trabajo*.
- [6] Registro Oficial ED. ESP. N. 114, Ley Cuerpo de Bomberos del Ecuador. (2009). *Normas de Envasado, Transporte, Almacenamiento, Instalaciones y Expendio de Gas Licuado de Petróleo. Administración del Sr. Econ. Rafael Correa Delgado*. Capítulo II.
- [7] Muy Ilustre Consejo Cantonal de Guayaquil.(2001). *Ordenanza de Transporte de Mercancías y Productos Peligrosos. Administración del Sr. Jaime Nebot Saadi*. Sección Segunda.
- [8] Muy Ilustre Consejo Cantonal de Guayaquil.(2001). *Ordenanza de Transporte de Mercancías y Productos Peligrosos*. Restricciones de Circulación. Título II. Administración del Sr. Jaime Nebot Saadi.
- [9] Escrito por De Espada, A.,Torrealba, J.P.,Torres. Manual sobre Centros de Acopios. (1974). *Publicación Miscelánea No. 116*,Pagina 13. H.A. <http://books.google.com.ec/>

- 
- [10] Acuerdo Ministerial 127, Registro Oficial 320 (Estado: Vigente) (2008). *Reglamento de Comercialización de Gas, Uso Residencial y Comercial*. Capítulo V. DE Los Medios de Transporte, Plantas de Abastecimiento, Plantas de Almacenamiento, Centros de Acopio o Sistema de Distribución. Pag. 10. Art. 19.
- [11] Ministerio de Minas y Petróleo. (2008). *Registro Oficial N.319*. Capítulo VI, De la Comercialización. Ley de Hidrocarburos. Administración del Señor Ec. Rafael Correa Delgado.
- [12] Luis Gonzalo Acosta Espejo, Rodrigo Orteg Blu y Roberto Muñoz Lagos en Agosto del 2007. *Localización simultánea de centros de acopio y plantas productoras de biocombustibles en Chile*, Departamento de Industrias de la Universidad Técnica Federico Santa María,(Santiago de Chile).
- [13] *Modelo continuo de localización y diseño para un centro de distribución en ambiente competitivo* Pablo Escalona y Daniela Medina, *Centro Integrado de Manufactura y Automatización CIMA-UTFSM*.Univ. Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
- [14] Phd. Jairo Montoya Torres. *Diseño de un modelo para la localización de los centros de producción y distribución para NALSANI S.A proyectada al 2016.*, Universidad de la Sabana- Bogotá.
- [15] Revalanba M, Correa J. *Reubicación de una ladrillera mediante la aplicación de un modelo de localización de instalaciones indeseables.*,Ciudad de Yahualico-Jalisco.
- [16] Antonio Moreno Jiménez. *En busca de la localización optima para instalación perjudiciales: Propuesta de modelos y resolución con sistemas e información geográfica*. Dpto. de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco. Madrid.
- [17] Ubicación de Instalaciones, Administración de la producción, Maestría en Administración de Negocios.(12 de noviembre del 2012.) <http://www.scribd.com>
- [18] Localización de Instalaciones (20 de Noviembre del 2012). *Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos Departamento de Organización de Empresas*
- [19] F.Ares (2003). *Business plan de una empresa de transporte de mercancías* Capítulo 5 : Modelo de localización. Localización final.
- [20] Dr. Reza Zanjirani Farahani and Masoud Hekmatfar. *Facility Location, Concepts, Models, Algorithms and Case Studies Editors* Chapter 3, Single Facility Location Problem.
- [21] Art.3, Definiciones. *Registro Oficial N. 319* Capítulo I, DEL ALACANCE Y DEFINICIONES.
- [22] Art. 30. *Registro Oficial N. 319*, Capítulo VI De la Comercialización.

- [23] Disposiciones Generales para la Instalación y Funcionamiento de los locales de Distribución. Departamento de Planeación Urbano, Municipio de Guayaquil.
- [24] Art. 20. *Registro Oficial N. 313*. De los centros de Acopio y De Distribución.
- [25] Art. 22, 23, 24, 25, 26, 27. *Registro Oficial N. 313*. De la Operación
- [26] Art. 302, Art.303. *Registro Oficial N. 114* Centro de Acopio, Ley Cuerpo de Bomberos.