

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Localización y diseño de centros integrados de atención en las ciudades
de Guayaquil, Milagro y Playas para la empresa eléctrica

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentado por:

Allison Stephania Espinoza Delgado

Bianca Giuliana Pulley Ruiz

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Xavier e Iliana quienes durante todo este tiempo me han brindado su amor, paciencia y esfuerzo haciendo posible que hoy se cumpla un sueño más.

A mi hermano Jonathan por su cariño y apoyo incondicional, gracias por estar conmigo siempre.

Allison Espinoza

DEDICATORIA

El presente trabajo y todos mis logros se los dedico con mucho amor a mis padres, quienes han sido mi guía y pilar fundamental durante mi crecimiento como persona y profesional; el esfuerzo y metas alcanzadas reflejan el amor y dedicación que invierten en mí día a día.

A mi tío Julio Cesar Ruiz Guerra, quien desde el cielo me acompañó a lo largo de mi proyecto de materia integradora y fue luz en mis momentos más difíciles, dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas y llegar a ser una profesional como él.

Bianca Pulley

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la virgen María, por acompañarme en cada uno de los pasos que di en estos años de formación, y que hoy termina con este proyecto de graduación. Por cargarme cuando ya no podía y seguir conmigo, aunque me alejara.

A mi familia, por su apoyo incondicional durante todos estos años, por su paciencia para entender mis malas actitudes debido a la presión, por su amor y los cuidados que tuvieron para mi formación como persona y profesional.

A mis amigos, que siempre me alentaron a seguir adelante y por cada tropiezo me animaron a levantarme.

Y a nuestra tutora de proyecto, M.Sc. Isabel Alcívar, por animarnos en cada una de las etapas del proyecto, por sus ideas y recomendaciones, sin lugar a duda todas y cada una han enriquecido este proyecto.

Allison Espinoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por ser mi guía en cada paso que doy, quien me ha acompañado en el transcurso de mi vida, dándome paciencia y sabiduría para culminar mis objetivos.

A mis padres y hermanas quienes me han apoyado infinitamente durante mi periodo universitario, y con sus palabras me hacían sentir orgullosa de lo que soy y lo que puedo lograr.

A mis amigos, y en especial a mi mejor amigo José Gabriel Burbano Flores quien desde un principio siempre estuvo apoyándome a lo largo de mi carrera universitaria y motivándome a crecer como profesional.

Bianca Pulley

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Allison Stephania Espinoza Delgado* y *Bianca Giuliana Pulley Ruiz* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Allison Espinoza


Allison Stephania
Espinoza Delgado
AUTORA 1

Bianca Pulley

Bianca Giuliana
Pulley Ruiz
AUTORA 2

EVALUADORES


M.Sc. Sofia López
PROFESOR DE LA MATERIA


M.Sc. María Isabel Alcívar
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto de titulación se realizó en una de las empresas eléctricas que tiene el país, la empresa eléctrica, donde surge la necesidad de localizar y diseñar centros integrados de atención debido a los elevados tiempos de transporte que reportan actualmente. Este proyecto tiene como objetivo reducir al menos en un 30% estos tiempos de transporte, y con ello mejorar el servicio al cliente en cuanto a la atención a fallas, reducir los tiempos de interrupción, mejorar el indicador de calidad y, por último, reducir las distancias recorridas y a su vez el consumo de gas. Para determinar la ubicación de las nuevas plantas, se realizó un modelo de localización de máxima cobertura. Para ello, en primer lugar, se ubicaron todas las fallas reportadas desde enero del 2018 hasta abril del 2019; con estas coordenadas fue posible realizar un modelamiento en RStudio para concentrar la demanda y definir clústeres. Estos clústeres fueron definidos como los nuevos puntos de demanda, con la necesidad de ser cubiertos por estas nuevas plantas. Una vez realizado el modelo de localización, se obtuvo como resultado la necesidad de abrir 4 centros integrados de atención: 2 en Milagro, 1 en Playas y 1 en Guayaquil. Posteriormente, se realizó el diseño de los centros, donde se consideró el espacio para almacenar los materiales, parqueadero para las camionetas y los carros canasta, y las oficinas administrativas. Para calcular el tamaño de estos centros, se analizó la rotación del inventario de los materiales, la demanda, las especificaciones de los materiales y la forma de almacenamiento que estos tienen. Finalmente, se realizó el análisis de resultados y se obtuvo que los tiempos de transporte se reducen en un 37%, los tiempos de interrupción en un 14%, el indicador de calidad se reduce en un 11%, y las distancias recorridas a reducir son aproximadamente 400k km, resultando en un ahorro en consumo de gas de \$26,285.05. Como recomendaciones, se propone un análisis de los tiempos de reparación de fallas para restauración del servicio, el rediseño de la bodega de la planta actual y la recopilación de los tiempos de recepción de quejas.

Palabras clave: Centros de atención, modelo de localización, tiempos de interrupción, tiempos de transporte.

ABSTRACT

This project was done in one of the country's electricity companies. Due to their current transportation times, the company needs to locate and design service centers. This project has the objective to reduce at least 30% the transportation times, improve customer service to attend failures, reduce interruption times while improving the quality indicator, and to reduce total traveled distances and gas consumption. To locate the new service centers, a maximum coverage location model was made. We located all the failures reported from January 2018 to April 2019; their coordinates were modeled in RStudio to define clusters and concentrate the demand. The location model reported the need to open 4 service centers: 2 in Milagro, 1 in Playas and 1 in Guayaquil. For the service center layout design, we considered the space needed to store materials, park trucks and cherry picker trucks, as well as space for the administrative offices. To calculate the size of the warehouses, we analyzed the rotation of the inventory of the materials, their demand, the specifications of the materials and the form of storage that they need. After completing the corresponding analysis, we obtained that the new service centers will reduce transportation times by 37%, interruption times by 14%, the quality indicator is improved by 11%, and the traveled distances reduced approximately 400k km, resulting in a saving in gas consumption of \$ 26,285.05. Finally, we recommend the following actions: analyze failure repair times for service restoration, redesign the current plant's warehouse, and start monitoring the complaint time for future improvement interventions.

Keywords: Service center, localization model, interruption times, transportation times.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	5
1.3 Alcance.....	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Marco Teórico	9
CAPÍTULO 2.....	13
2. Metodología	13
2.1 Definición.....	13
2.1.1 Voz del cliente.....	13
2.1.2 Herramientas de calidad	14
2.2 Medición	16
2.2.1 Verificación	16
2.2.2 Factores de estratificación	18
2.2.3 Recolección de datos.....	19

2.3	Análisis	23
2.3.1	Evaluación de alternativas	23
2.3.2	Evaluación del modelo	41
2.4	Diseño	42
2.4.1	Obtención de las coordenadas de las fallas registradas en cada planta ...	44
2.4.2	Determinación de clústeres en función de la demanda de cada planta	44
2.4.3	Colocación de las coordenadas de los clústeres en Google Maps	45
2.4.4	Formulación del modelo de acuerdo con su función objetivo y restricciones	46
2.4.5	Análisis de sensibilidad	48
2.4.6	Determinación del tamaño de la bodega	50
CAPÍTULO 3.....		58
3.	Resultados y análisis	58
3.1	Layout.....	59
3.1.1	Dimensiones por departamento	60
3.2	Cumplimiento restricciones de diseño	62
3.3	Resultados generados con la implementación de los nuevos centros integrados de atención.....	63
3.3.1	Tiempos de interrupción	64
3.3.2	Tiempos de transporte	66
3.3.3	Distancia recorrida	68
3.3.4	Consumo de gasolina	68
3.3.5	Indicador de calidad: TTIK	69
3.4	Flujo de caja: Implementación de los nuevos centros integrados de atención .	70
CAPÍTULO 4.....		72
4.	Conclusiones y recomendaciones	72
4.1	Conclusiones.....	72
4.2	Recomendaciones.....	73

BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXO 1	76
Apéndice 1.....	89

ABREVIATURAS

kVA	Kilovatios amperios
TTI	Tiempo total de interrupción
TTIK	Tiempo total de interrupción por kVA nominal instalado
FMIK	Frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado
VOC	Voz del cliente
QFD	Despliegue de la función de calidad
SIPOC	Proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes
ENS	Energía no suministrada
SCADA	Supervisión, control y adquisición de datos
ARCONEL	Agencia de regulación y control de electricidad
IR	Rotación de inventario
DMAIC	Definición, medición, análisis, implementación y control
VAN	Valor Actual Neto
MAX	Máximo
MIN	Mínimo
SUM	Suma

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
Km	Kilómetros
\$	Dólares americanos
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
cm ³	Centímetros cúbicos
min	Minutos
K	unidad de mil
Km/h	kilómetros por hora

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 SIPOC del proceso de atención de fallas	8
Ilustración 2.1 Critical to Quality	14
Ilustración 2.2 Quality Function Development (QFD)	15
Ilustración 2.3 Prueba de hipótesis.....	17
Ilustración 2.4 Distancias de punto de falla a la planta	21
Ilustración 2.5 Recorrido de bodega.....	22
Ilustración 2.6 Demanda de energía por unidad de negocio	26
Ilustración 2.7 Provincias servidas	26
Ilustración 2.8 Evolución salario básico unificado.....	28
Ilustración 2.9 Secuencia para obtención de gasto total de consumo de gas	31
Ilustración 2.10 Agrupación de clústeres	45
Ilustración 2.11 Agrupación de clústeres en Google My maps.....	45
Ilustración 2.12 Demanda cubierta por clústeres.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Límites para la calidad de servicio técnico-índices globales.....	2
Tabla 2.1 Costos fijos y variables	24
Tabla 2.2 Ingresos de la empresa	25
Tabla 2.3 Inflación pronosticada.....	27
Tabla 2.4 Incremento salario básico unificado.....	28
Tabla 2.5 Incremento de ventas	29
Tabla 2.6 Flujo de caja: Sin proyecto	29
Tabla 2.7 Tiempos de reducción Playas y Milagro	30
Tabla 2.8 Horas totales de reducción	30
Tabla 2.9 Consumo de gas total.....	32
Tabla 2.10 Energía no suministrada en dinero	33
Tabla 2.11 Inversión para una nueva planta	33
Tabla 2.12 Flujo de caja alternativa 2.....	34
Tabla 2.13 Consumo de gasolina alternativa 3.....	35
Tabla 2.14 Flujo de caja Alternativa 3	36
Tabla 2.15 : Matriz de distancia Guayaquil.....	37
Tabla 2.16 Matriz de distancia Milagro	37
Tabla 2.17 Matriz de distancia Playas	37
Tabla 2.18 Ubicación planta Guayaquil	38
Tabla 2.19 Ubicación de planta Playas	38
Tabla 2.20 Ubicación de planta Milagro	39
Tabla 2.21 Inversión alternativa 4.....	40
Tabla 2.22 Depreciación alternativa 4	40
Tabla 2.23 Flujo de caja alternativa 4.....	40
Tabla 2.24 Matriz de decisión de alternativas.....	41
Tabla 2.25 Matriz de decisión de modelos	42
Tabla 2.26 Plan de diseño	43
Tabla 2.27 Puntos medios de clústeres.....	44
Tabla 2.28 Comparación de alternativas evaluadas en el análisis de sensibilidad.....	50
Tabla 2.29 Formato de registro de materiales	52
Tabla 2.30 Demanda en m_3	52

Tabla 2.31 Datos de los materiales según sus categorías	53
Tabla 2.32 Demanda en m ² almacenada	55
Tabla 2.33 Tamaño de la bodega de Guayaquil.....	56
Tabla 2.34 Tamaño de la bodega de Milagro 1	56
Tabla 2.35 Tamaño de la bodega de Milagro 2	56
Tabla 2.36 Tamaño de la bodega de Playas	56
Tabla 2.37 Dimensiones de áreas de la bodega	57
Tabla 2.38 Dimensiones de los centros integrados de atención.....	57
Tabla 3.1 Reducción del consumo de gasolina por distancia recorrida.....	68
Tabla 3.2 Total de ahorro por consumo de gasolina	69
Tabla 3.3 Flujo de caja para la implementación de los nuevos centros integrados de atención.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 Serie de tiempo de indicador TTIK en Playas	3
Gráfico 1.2 Serie de tiempo de indicador TTIK en Milagro	4
Gráfico 1.3 Serie de tiempo de indicador TTIK en Guayaquil.....	4
Gráfico 1.4 Tiempo de interrupción actual vs objetivo (Playas)	6
Gráfico 1.5 Tiempo de interrupción actual vs objetivo (Milagro)	6
Gráfico 1.6 Tiempos de interrupción 2017 - 2019 (Guayaquil)	7
Gráfico 2.1 Diagrama de cajas medias de tiempos de interrupción de turnos.....	17
Gráfico 2.2 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Guayaquil	20
Gráfico 2.3 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Playas.....	20
Gráfico 2.4 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Milagro.....	21
Gráfico 2.5 Inflación.....	27
Gráfico 2.6 Análisis de sensibilidad con tiempo de 20 minutos	49
Gráfico 2.7 Análisis de sensibilidad con tiempo de 25 minutos	49
Gráfico 3.1 Planta baja de la empresa	59
Gráfico 3.2 Dimensiones en metros de la bodega.....	60
Gráfico 3.3 Dimensiones en metros de la sala de reuniones.....	60
Gráfico 3.4 Dimensiones en metros del parqueadero	61
Gráfico 3.5 Dimensiones en metros de las camionetas.....	62
Gráfico 3.6 Dimensiones en metros de autos.....	62
Gráfico 3.7 Localidades de los centros integrados de atención.....	63
Gráfico 3.8 Reducciones obtenidas en tiempos de interrupción.....	64
Gráfico 3.9 Tiempo de interrupción de Playas en horas.....	65
Gráfico 3.10 Tiempo de interrupción de Guayaquil en horas.....	65
Gráfico 3.11 Tiempo de interrupción de Milagro en horas	66
Gráfico 3.12 Comparación tiempos de transporte en horas para Guayaquil	67
Gráfico 3.13 Comparación tiempos de transporte en horas para Milagro	67
Gráfico 3.14 Comparación tiempos de transporte en horas para Playas	67
Gráfico 3.15 Distancias Recorridas en km en el año 2018.....	68
Gráfico 3.16 Reducción TTIK para Playas y Milagro	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Ecuación de indicador TTIK.....	2
Ecuación 2.1 Ecuación de distancia.....	31
Ecuación 2.2 Energía no suministrada Guayaquil.....	32
Ecuación 2.3 Energía no suministrada Playas.....	32
Ecuación 2.4 Energía no suministrada Milagro.....	33
Ecuación 2.5 inventario promedio.....	51
Ecuación 2.6 Rotación de inventario.....	51
Ecuación 2.7 Factor de conversión.....	55

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es uno de los servicios básicos de los hogares y de las empresas, ya que es esencial para el desarrollo de cualquier tipo de actividades, así como necesaria para preservar la seguridad y mantener el bienestar de los ciudadanos. Sin embargo, aunque las empresas distribuidoras de energía eléctrica buscan ofrecer la mejor calidad de servicio, resulta ambicioso esperar o desear que la energía eléctrica nunca falle. La calidad de servicio para este tipo de empresas no se define por el producto que distribuye, sino más bien, por la eficacia que se tenga para reponer el servicio cuando ocurre alguna interrupción—ya sea por corte o por falla del sistema.

La empresa eléctrica, tiene como objetivo brindar el servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica a las diferentes áreas que abastece. Adicionalmente, busca ser la mejor empresa distribuidora de energía, aun cuando es una empresa pública que abastece a la mayor parte de ciudades del país, es decir, satisface en su mayoría la demanda de energía eléctrica a nivel nacional. Es esta búsqueda de mejora el motivo por el cual surge el desarrollo del siguiente proyecto.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, las empresas eléctricas se encuentran reguladas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad que, en su regulación No. 005/18, establece los indicadores, índices y límites de calidad que deben tener los servicios de distribución y comercialización de energía eléctrica, y define los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores. En la regulación se establecen los indicadores para medir la calidad de servicio técnico cuando ocurren interrupciones y es necesario reestablecer el servicio. Los indicadores de calidad son la frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado (FMIK), y el tiempo total de interrupción por kVA nominal instalado (TTIK). La regulación, establece los valores máximos que son permisible de alcanzar de los índices globales de calidad

de servicio técnico, para un periodo de evaluación de doce meses continuos del año calendario.

En la Tabla 1.1 se establecen los valores máximos que pueden tomar los indicadores en un año, es decir, los valores de los indicadores de forma global:

Tabla 1.1 Límites para la calidad de servicio técnico-índices globales

Índice	Red	Alimentador	
		Alta densidad	Baja densidad
FMIK	6.0	7.0	9.5
TTIK	8.0	10.0	16.0

Fuente: ARCONEL

Para calcular el TTIK mensual es necesario considerar la potencia local instalada, la potencia global instalada y los tiempos totales de interrupción (TTI) reportados durante ese mes. El TTI se mide de acuerdo con el lugar donde ocurre la falla, por eso se considera la potencia fuera de servicio y la potencia local instalada del lugar de falla, y, por último, el tiempo de interrupción que tuvo la falla. A continuación, se muestra en la Ecuación 1.1 la fórmula para la obtención del TTIK mensual y del TTI.

$$TTIK_{mensual} = \frac{\sum_i^j \text{potencia nominal } i * TTI}{\text{potencia global}} \rightarrow TTI = \frac{\text{potencia fuera de servicio} * t. \text{ de interrupcion}}{\text{potencia nominal}}$$

Ecuación 1.1 Ecuación de indicador TTIK

El TTIK global es el resultado de la suma de todos los TTIK mensuales reportados durante el año. El TTIK global es el que nos indicarían si se encuentran dentro o fuera de los límites permisibles.

A partir de los valores mostrados anteriormente en la Tabla 1.1, se realizó un análisis de los reportes mensuales con los valores de los indicadores de calidad reportados desde enero del 2018 hasta abril del 2019, para las ciudades de Milagro y Playas, y desde enero del 2016 hasta diciembre del 2018 para Guayaquil.

Debido a los datos que fueron proporcionados se realizaron dos tipos de gráficas; para Milagros y Playas se recibieron datos solo del 2018 y de enero a abril del 2019, por lo que no fue posible realizar un gráfico de forma anual para el indicador TTIK global, que evidencie algún comportamiento con su patrón. Por ello, se realizó una serie de tiempo desde enero del 2018 hasta abril 2019 con los valores del indicador TTIK mensual. Para Guayaquil fueron proporcionados datos del 2016, 2017, 2018, partiendo de esto, fue posible graficar los valores del indicador TTIK global del año 2016.

En los gráficos 1.1 y 1.2 se resumen los resultados de los indicadores por mes para Playas y Milagro, respectivamente. El eje horizontal representa los meses y el eje vertical, los valores de los indicadores obtenidos en ese mes; la línea punteada de color naranja representa la separación entre el año 2018 y 2019. Las dos series de tiempo muestran un patrón de altos y bajo, pero con un notable crecimiento entre meses. Al realizar la suma de todos los puntos se obtuvo un TTIK global de 31.25 y 24.25 para Playas y Milagros respectivamente. Con estos valores, se pudo evidenciar el incumplimiento del indicador TTIK en los últimos años.

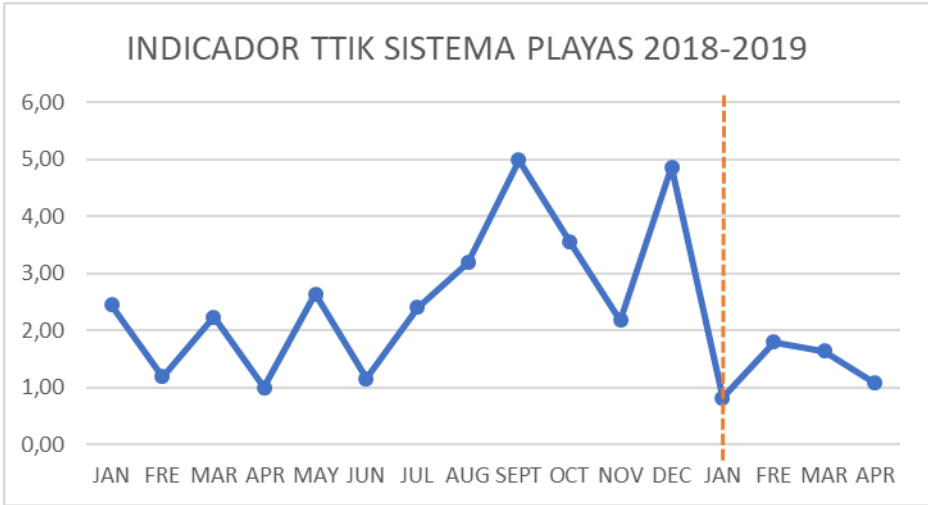


Gráfico 1.1 Serie de tiempo de indicador TTIK en Playas

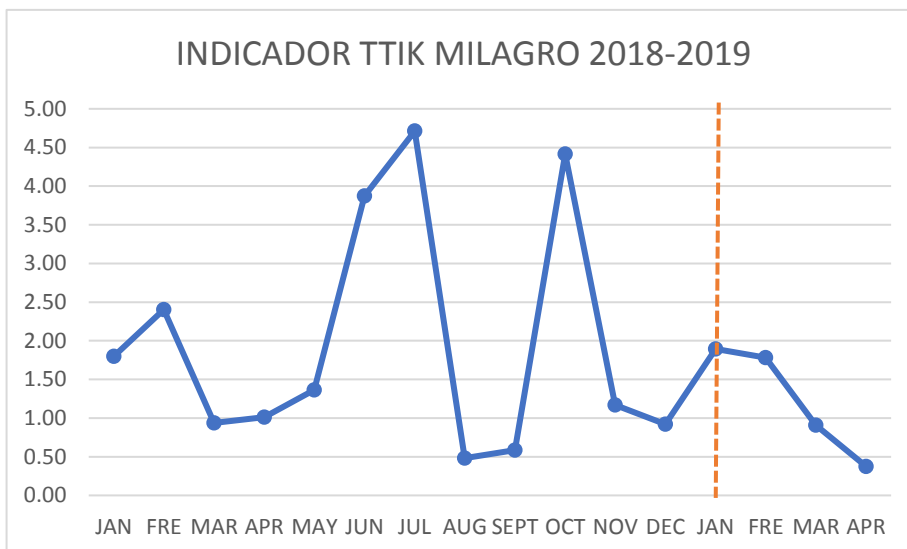


Gráfico 1.2 Serie de tiempo de indicador TTIK en Milagro

En el Gráfico 1.3 se muestra la serie de tiempo con los resultados del indicador TTIK global en la ciudad de Guayaquil para el año 2016, 2017 y 2018, se evidencia que los valores del TTIK global se encuentran dentro de los límites permisibles, sin embargo, tiene un crecimiento notable entre los últimos años.

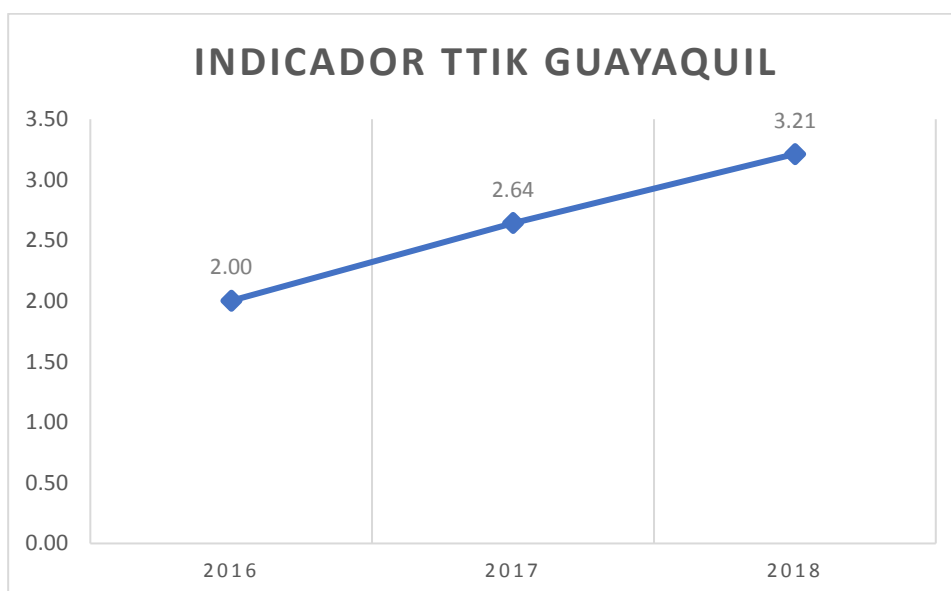


Gráfico 1.3 Serie de tiempo de indicador TTIK en Guayaquil

1.2 Justificación del problema

Considerando que el TTIK es un indicador global que es consecuencia de la suma de los TTIK mensuales, y que para la obtención de los TTIK mensuales es necesario el cálculo de los TTI, y el tiempo de interrupción es un componente del TTI, se decidió realizar un análisis a estos tiempos. Dado que Playas y Milagro se encontraban fuera de los límites permisibles para el indicador global TTIK, se graficaron los promedios de los tiempos de interrupción para cada mes desde enero del 2018 hasta abril del 2019 y la reducción esperada para lograr llegar a los límites deseables, es decir, a nuevos tiempos de interrupción, tal como se muestra en las gráficas 1.4 y 1.5, donde la línea roja representa los tiempos de interrupciones actuales, la línea verde los tiempos de interrupción objetivos y la barra gris las reducciones esperadas. El eje horizontal representa los meses y el eje vertical, los tiempos de interrupción en horas.

Por otro lado, para Guayaquil no fue posible graficar los tiempos de interrupción actuales con sus respectivas reducciones, puesto que se encuentran dentro de los límites deseables, por ello no es posible definir nuevos tiempos de interrupción para alcanzar los límites esperados. Sin embargo, se graficaron los tiempos de interrupción reportados desde enero del 2017 hasta abril del 2019. En la gráfica 1.6 se evidencia que existe un incremento entre ellos. Partiendo de estos valores, surge la necesidad de realizar el diseño de centros integrados de atención que permitan reducir los tiempos de interrupción. En consecuencia, se ha elegido el tiempo de interrupción como nuestro métrico de diseño.

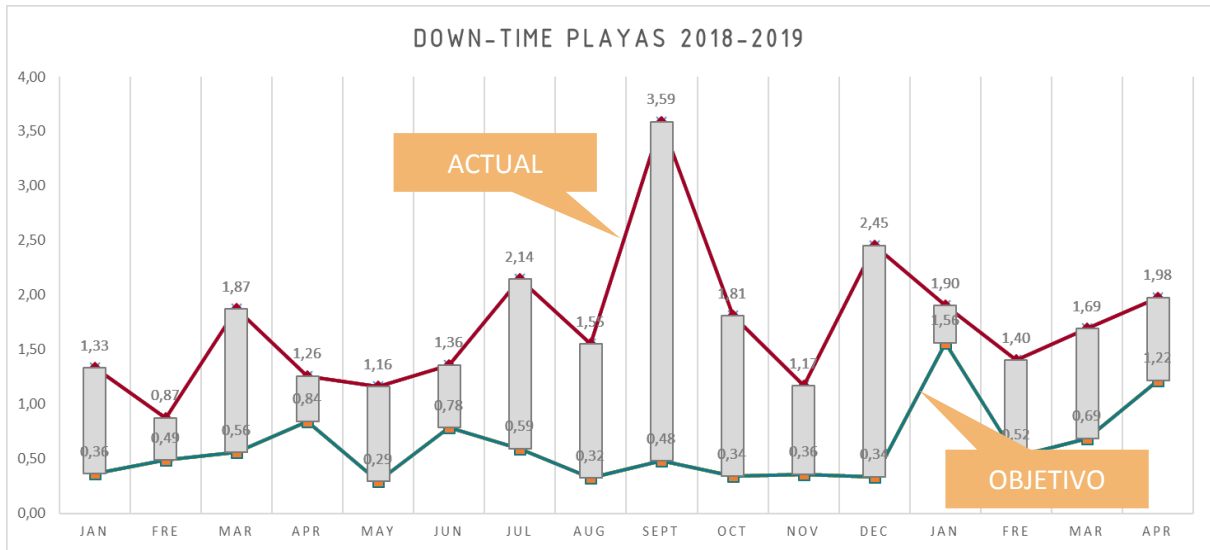


Gráfico 1.4 Tiempo de interrupción actual vs objetivo (Playas)

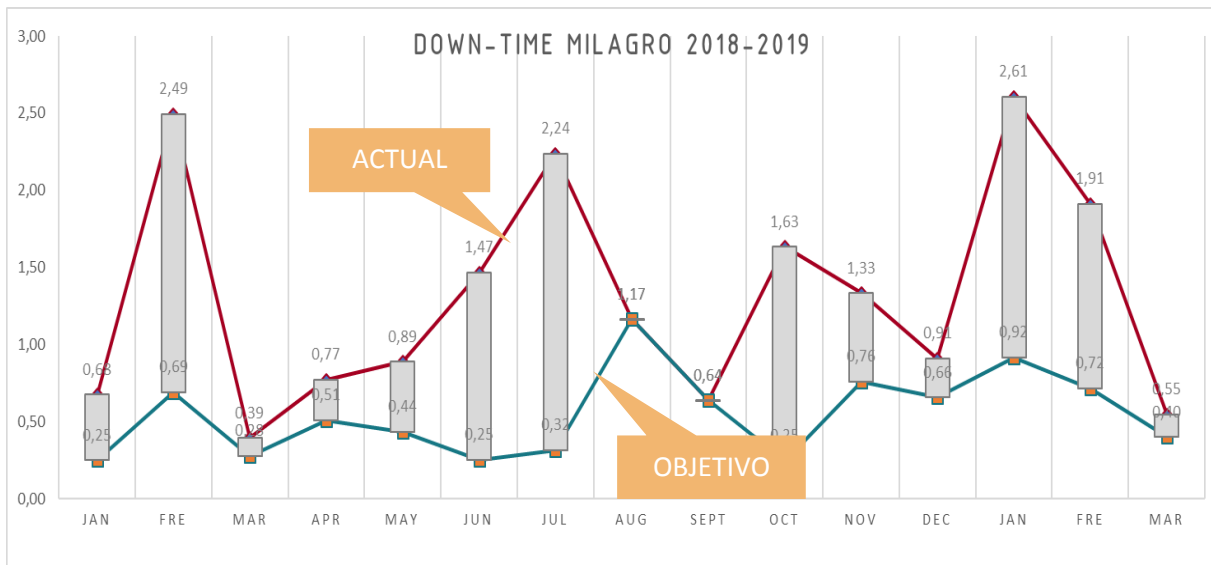


Gráfico 1.5 Tiempo de interrupción actual vs objetivo (Milagro)

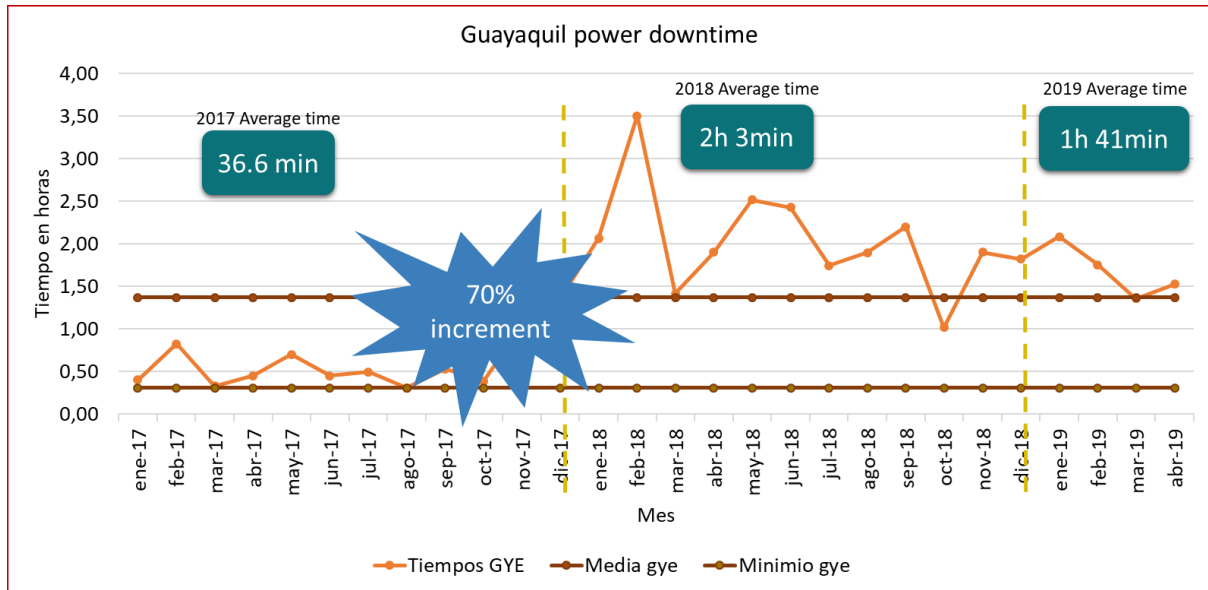


Gráfico 1.6 Tiempos de interrupción 2017 - 2019 (Guayaquil)

1.3 Alcance

Para definir el alcance de nuestro proyecto, se utilizó la herramienta SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) con el objetivo de delimitar el proyecto, teniendo en cuenta las limitaciones de recursos y tiempo para alcanzar los resultados esperados. La Ilustración 1.1 muestra el SIPOC del proceso de atención de fallas. Este proyecto se enfoca en el procedimiento de transporte, debido a que es donde se identificaron mayores oportunidades de acción—en comparación al procedimiento para reconexión de energía eléctrica y recepción de quejas.

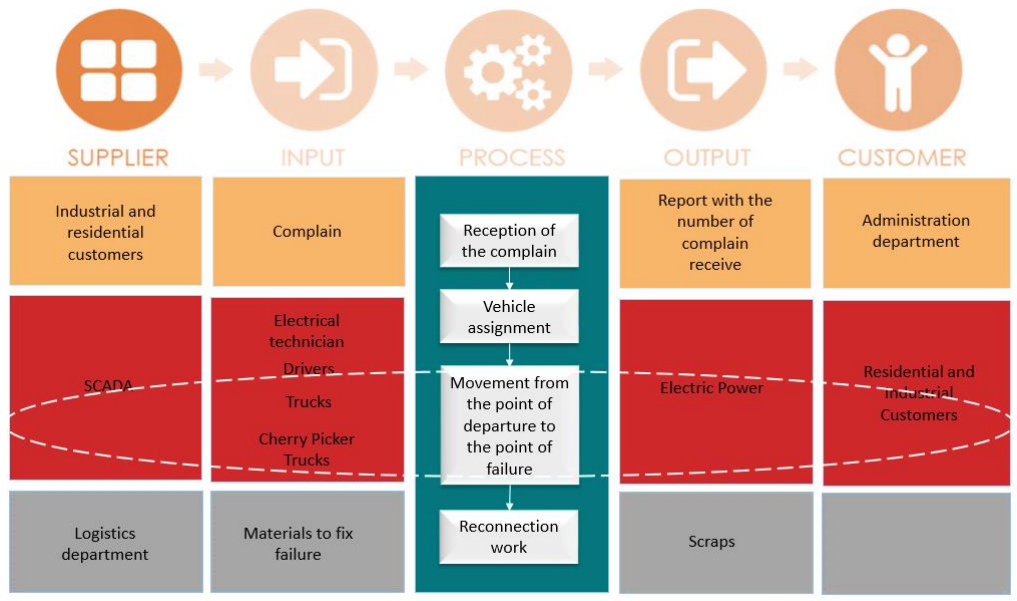


Ilustración 1.1 SIPOC del proceso de atención de fallas

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Reducir al menos el 30% del tiempo de transporte para llegar a los sitios de falla en Guayaquil, Playas y Milagro, estableciendo nuevas instalaciones que atenderán fallas, con el propósito de reducir el tiempo de interrupción.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para los objetivos específicos se decidió dividirlos en dos partes: objetivos del proyecto y objetivos de diseño.

1.4.2.1 Objetivos del proyecto

- Identificar las zonas con mayores cantidades de interrupción.
- Formular un modelo matemático de localización.
- Diseñar los centros de atención considerando las bodegas para almacenamiento de materiales para atención a fallas y demás departamentos a considerar.
- Simular los resultados con la implementación de los nuevos centros de atención.

1.4.2.2 Objetivos de diseño

- Determinar el número de camionetas por centro de atención y zonas con la mayor cantidad de fallas.
- Analizar la rotación del inventario para determinar la capacidad para las bodegas.
- Elaborar el layout para los nuevos centros integrados de atención considerando los respectivos departamentos y la bodega para almacenamiento de materiales.

1.5 Marco Teórico

Para la obtención de resultados efectivos y consistentes, resulta importante adoptar una metodología estandarizada de diseño. Por ello, el desarrollo de este proyecto se basa en la metodología Six Sigma, que establece un conjunto de pasos rigurosos y ordenados para optimizar la variabilidad que existen en los procesos.

Six Sigma

Six Sigma es una metodología que se enfoca en la optimización de la variabilidad que existen en los procesos, mediante la implementación de diferentes mejoras que reduzcan dicha variabilidad (Al-Aomar, 2017). Dentro de la metodología, el resultado esperado se conoce como la variable de respuesta “Y” y los factores que influyen en la respuesta se conocen como “X’s”. Los resultados de los proyectos Six Sigma se pueden obtener por diferentes formas, mejorando las características del producto o servicio y el ahorro de costos que resultan de la reducción de fallos o errores y de los tiempos de ciclo del proceso. El DMAIC es una metodología de mejora de proceso, usado por six sigma, que se utilizará para el desarrollo de este proyecto. Consiste en la identificación y declaración de una oportunidad de mejora, para posteriores análisis e implementaciones de soluciones que aporten a dar buenos resultados de mejora para esas oportunidades identificadas (McCarty, 2004). Esta metodología se divide en cinco etapas: Definición, Medición, Análisis, Diseño y Prototipado. El detalle de las cinco etapas se muestra a continuación.

Definición: Para la elaboración de un proyecto Six Sigma, es fundamental poder proveer un beneficio cuantificable en términos de costos, tiempo y calidad. Por tal razón, en esta fase inicial de la metodología DMAIC, se describe la variable métrica del problema o necesidad identificada, se detalla el alcance del proyecto, los objetivos y los beneficios.

Las herramientas usadas dentro de esta fase de la metodología son:

- **VOC (Voice of customer):** la voz del cliente permite conocer las expectativas de los clientes internos y externos de tal forma que permite establecer prioridades y objetivos claros en cuanto a las necesidades del cliente.
- **Diagrama SIPOC:** Esta herramienta ayuda a tener una expectativa a nivel macro sobre el proceso para definir los límites del proyecto y determinar dónde enfocar el problema; se le abrevia SIPOC por sus siglas en inglés: Supplier (Proveedor), Input (Entradas), Process (Proceso), Outputs (salidas), Customer (Cliente).

Medición: Esta fase tiene como objetivo enfocar el problema en un área específica, ya que entre más aclarado y delimitado es el problema, más fácil es determinar sus causas potenciales. En esta fase se recoleta información sobre el proceso actual, para luego ir estratificando cada una de sus variables y acotar el problema.

Entre las herramientas usadas durante esta fase del proyecto se encuentran:

- **Plan de recolección de datos:** Formato en el cual se especifica qué factores de estratificación se van a mediar, cómo se medirán, cuándo, por qué se medirán, quién medirá, dónde se medirá.
- **Diagrama de Pareto:** Es una herramienta estadística utilizada para separar los muchos vitales de los pocos triviales, así como también, para indicar la priorización de problemas o causas que se generan, dándole una clasificación ABC según su grado de importancia.

Análisis: En el análisis de diseño se deben elaborar diferentes opciones de diseño y evaluar la mejor alternativa, mediante herramientas financieras y estadísticas, con el fin de mostrar en un futuro la confiabilidad en el proyecto, indicando que realmente se desarrolló la alternativa óptima.

Algunas de las herramientas usadas dentro de esta parte de la metodología son:

- **Flujos de caja:** Esta herramienta financiera permite determinar el flujo de entrada y salidas de caja en un período dado, con el fin de mostrar la rentabilidad del proyecto y la efectividad en cuanto a la tasa de retorno.
- **Valor actual neto:** Es un método de inversión el cual presenta los valores actualizados (cobros y pagos) para conocer la rentabilidad de un proyecto en términos absolutos netos, sabiendo cuánto se perderá o ganará.

- **Tasa de rentabilidad:** Esta tasa indica la pérdida o ganancia del proyecto, es decir, el grado de rentabilidad de acuerdo con su inversión. Se la calcula mediante la división del valor final menos su valor inicial sobre el valor inicial del proyecto. Su resultado queda expresado en porcentaje.
- **Regresión múltiple:** Determina la relación que existe entre una variable de respuesta Y (variable dependiente), y una o más variables independientes (x_1, x_2, \dots, x_n). Como resultado de la regresión, se obtiene una ecuación con la que se puede determinar el resultado de la variable dependiente y un valor de confianza dado por el coeficiente de determinación.

Diseño: En esta etapa, una vez que se ha elegido la mejor alternativa planteada en las fases anteriores, se la realiza y ejecuta. En este proyecto, se realiza y ejecuta el modelo de localización propuesto para determinar la solución final de la necesidad de la empresa.

Algunos de los modelos analizados durante el desarrollo de este trabajo son los siguientes:

- **Min/Max:** Este modelo permite al usuario determinar la localización óptima cuando su necesidad es minimizar la distancia máxima entre los centros integrados de atención. (Denton, 2005)
- **Min/Sum:** Este modelo arroja la localización que se encuentre un punto óptimo de tal forma que minimice la suma total de todas las distancias desde los centros integrados de atención hasta sus puntos de recorrido. (Denton, 2005)
- **Máxima cobertura con restricción de demanda:** Cubre la mayor cantidad de demanda en un radio de cobertura propuesto por el cliente y minimiza la distancia recorrida desde el punto de instalación hacia los puntos de demanda. (Spoerhase, 2010)
- **Método de centro de gravedad:** Es un modelo matemático utilizado para hablar la localización de plantas o almacenes de fabricación con respecto a puntos de coordenadas ya establecidos por el usuario. Este método considera tres factores de transporte: Coste de transporte, volumen de materia a transportar y distancia recorrida.

- **Weber:** Esta teoría de localización establece que se deben localizar nuevas plantas donde se puedan reducir costos de transportes, materias primas y productos final. (Farahani, 2009)

Prototipado: Finalmente, en esta etapa se simulan los resultados después de la implementación del proyecto, con el fin de mostrar un contraste sobre el estado actual y futuro de la empresa donde se desarrolla el proyecto.

- **Layout:** Consiste en la presentación del diseño de la distribución y organización de los diferentes departamentos de los centros integrados de atención, en base a sus medidas y especificaciones del cliente dado.
- **Rotación de inventario:** Permite conocer cuántas veces se va a reponer el inventario de almacenamiento en un determinado tiempo.
- **Inventario promedio:** Consiste en fijar las veces que se aplica la rotación de inventario. Se lo obtiene mediante la suma de inventario inicial y el inventario final, dividido para dos.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

La primera etapa se realizó en aproximadamente 4 semanas; en esta etapa se realizó un mapeo del proceso general, con el fin de: conocer y determinar la oportunidad de mejora para la empresa, identificar quiénes son sus clientes y quienes conformarían el equipo de trabajo y, finalmente, establecer los requerimientos y necesidades de la empresa.

En primera instancia se realizó una reunión ejecutiva junto al equipo de trabajo, con el fin de identificar la oportunidad de mejora en la empresa. Junto al gerente general, director planeación estratégico, y encargado de planificación se pudo determinar que la empresa cuenta con la necesidad de implementar nuevos centros integrados de atención con el fin que éstas abastezcan las ciudades Guayaquil, Milagro y Sistema Playas; sin embargo, hasta en esta etapa todavía se desconoce el diseño, cantidad y lugares óptimos que satisfarán su necesidad.

2.1.1 Voz del cliente

Para este proceso se empleó el método lluvia de ideas, a través de una entrevista grupal, en conjunto con el gerente de planeación estratégica, encargado de planificación, operarios, departamento de estadística y gerente del departamento SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos). Para esta dinámica, se cuestionó la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las principales razones por las cuales se debería implementar un nuevo centro de atención?

Los resultados obtenidos una vez finalizada la reunión se mencionan a continuación:

- ✓ Evitar ser multado por exceder los límites de los indicadores de calidad establecidos en la regulación ARCONEL.
- ✓ Mejorar la atención al cliente cuando ocurre una interrupción por falla en los distintos sectores

- ✓ Reducir el consumo de gasolina generado por el uso de camionetas y carros canastas.
- ✓ Reducir las actividades de transporte que no agregan valor.

2.1.2 Herramientas de calidad

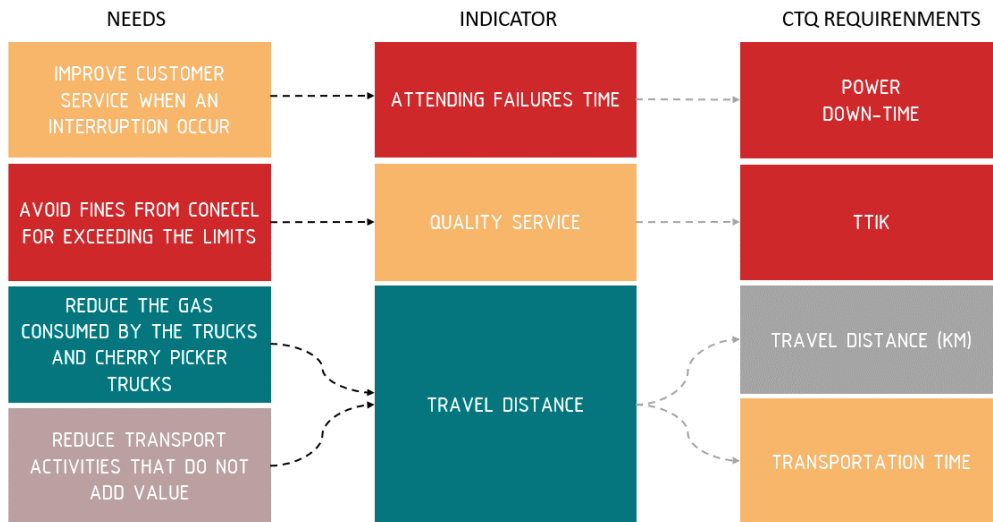


Ilustración 2.1 Critical to Quality

Una vez obtenida la voz del cliente, se procedió a realizar un árbol de variables críticas o CTQ, por sus siglas en inglés (Critical-To-Quality), con la finalidad de traducir los requerimientos del cliente en variables medibles para su posterior análisis (Ilustración 2.1).

Junto a las variables obtenidas previamente, se procedió a utilizar la herramienta "Casa de la calidad", (QFD, por sus siglas en inglés), dado que esta herramienta permite seleccionar la variable de diseño que mejor se adapte a las necesidades del cliente, en base al peso que se le asigna a las necesidades y su relación con las variables de diseño. La Ilustración 2.2 muestra detalladamente los resultados obtenidos y la variable seleccionada.

CUSTOMER REQUIREMENTS	PRODUCT DESIGN REQRMTS	PRIORITY	TTIK	POWER DOWN-TIME	TRAVEL DISTANCE	TRANSPORTATION TIME	Company evaluation				
							CNEL				
							1	2	3	4	5
AVOID FINES FROM ARCONEL FOR EXCEEDING THE LIMITS	4	9	6			1			x		
IMPROVE ATTENTION SERVICE WHEN AN INTERRUPTION OCCURS	5	6	9			6			x		
REDUCE THE GAS CONSUMED BY THE TRUCKS AND CHERRY PICKER TRUCKS	1	0			9	9				x	
REDUCE TRANSPORTATION ACTIVITIES THAT DO NOT ADD VALUE	2	0			9	9				x	
TECHNICAL EVALUATION	1										
	2										
	3	x		x		x				x	
	4										
	5										
IMPORTANCE RAITING		66	69		27	61					
		30%	31%		12%	27%					
ENGINEERING EVALUATION		2	1		4	3					

Ilustración 2.2 Quality Function Development (QFD)

Como se observa en la Ilustración anterior, los valores son calculados dependiendo del peso colocado en la columna de prioridad y el valor de relación existente entre los requerimientos del cliente y los requerimientos del diseño del producto. Cabe recalcar que el peso de cada una de las necesidades se obtuvo por medio del cliente y los valores de relación fueron determinados por el equipo de trabajo. Como resultado, se obtuvo que la variable de respuesta o interés del proyecto corresponde a "Tiempos de interrupción" debido a su valor de importancia, con un 31% en comparación con los otros requerimientos.

El resultado obtenido se justifica por sus necesidades principales de "Mejorar el servicio de atención cuando ocurre una interrupción por falla", seguido de "Evitar ser multado por exceder los límites de calidad", las cuales son necesidades con mayor peso y mayor relación con el tiempo de interrupción.

2.2 Medición

En esta etapa se realizó la recolección de diferentes datos que se consideraron esenciales para la formulación del modelo de localización y el diseño de los centros integrados de atención. Además, estos datos son importantes para realizar la verificación de diferentes supuestos que se tuvieron acerca de los momentos en los que ocurre una interrupción. Finalmente, las herramientas mencionadas anteriormente fueron esenciales para delimitar nuestra investigación y establecer factores de estratificación.

2.2.1 Verificación

En primer lugar, se realizó la verificación de los supuestos que fueron mencionados en diferentes reuniones como posibles causas que ocasionen que los datos no sean confiables.

Para atender las fallas que se presentan en el servicio eléctrico, la empresa eléctrica cuenta con tres turnos de atención. Durante los turnos, los colaboradores se encargan de la recepción de la queja, la asignación de los vehículos y de la reposición del servicio eléctrico.

Partiendo por esto, surge el primer supuesto: *“El tiempo de interrupción es más largo cuando existen cambios de turno”*.

Para la verificación de este enunciado, se tomó todos los tiempos de interrupción y se realizaron diagramas de caja, con el propósito de demostrar que las medias de los tres turnos son diferentes y que efectivamente, cuando existe un cambio de turno, los tiempos de interrupción incrementan (ver Gráfico 2.1).

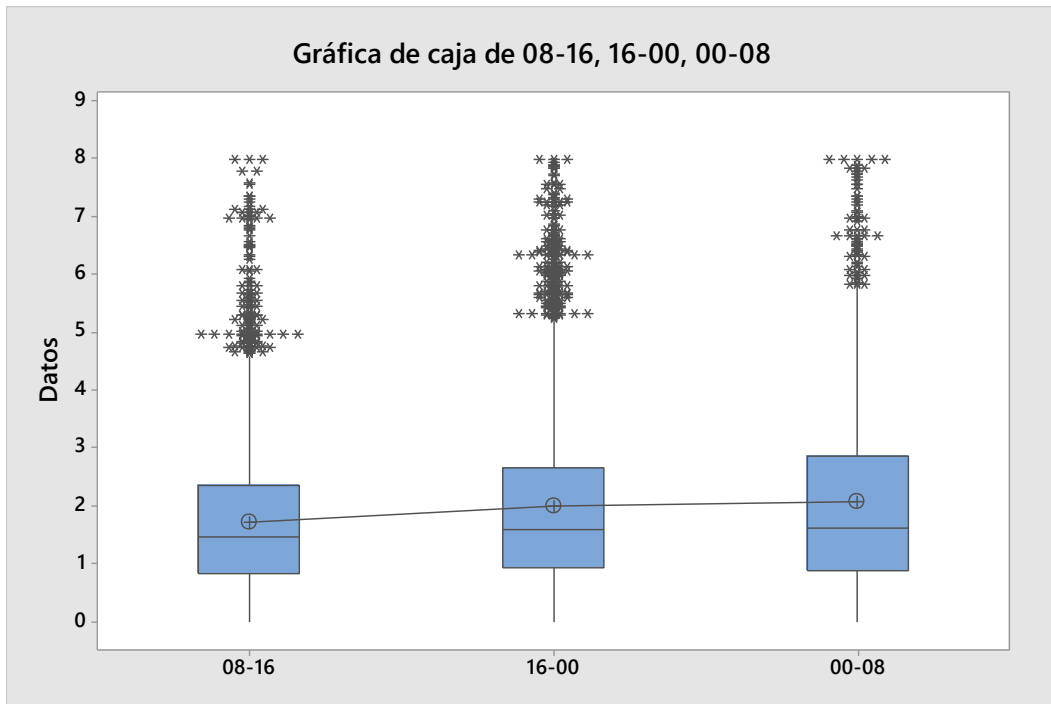


Gráfico 2.1 Diagrama de cajas medias de tiempos de interrupción de turnos

Se pudo evidenciar que los tiempos de interrupción no varían cuando existen cambios de turno; este resultado permitió concluir que es confiable trabajar con todos los datos independientemente del turno en que se mida.

El segundo supuesto que surgió fue: “Cuando es época de lluvias los tiempos de interrupción incrementan”.

La verificación de este supuesto se realizó mediante una prueba de hipótesis con un nivel de confianza del 95%. Se usó diferencia de medias, donde se estableció la hipótesis nula como: *La media de los tiempos de interrupción durante los meses lluviosos es igual a la media de los tiempos de interrupción durante los meses secos*, y la hipótesis

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$	
Valor T	GL	Valor p
-7,11	6185	0,000

Ilustración 2.3 Prueba de hipótesis

alterna como: *la media de los tiempos de interrupción en meses secos es mayor que en meses lluviosos.*

Dado el valor p que se obtuvo, se concluyó que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; resultando en que los tiempos de interrupción de los meses secos son mayores a los de los meses lluviosos.

Se puede concluir que, al realizar la verificación de los supuestos, se evidenció que los tiempos de interrupción no se ven afectados por los diferentes turnos de trabajo y las estaciones del año. Por lo que es confiable utilizar todos los datos para continuar con el desarrollo del proyecto.

2.2.2 Factores de estratificación

En diferentes reuniones se pudieron identificar los factores que influyen sobre el tiempo de interrupción; estos fueron:

- Tiempo de interrupción
- Zonas de atención por centro
- Zonas con mayor número de interrupciones
- Distancia recorrida
- Tiempo de recepción de queja

Además, se identificaron los factores necesarios a recolectar para el diseño de los centros integrados de atención:

- Tipos de fallas
- Tipos de materiales de almacenamiento
- Rotación de inventario de los materiales
- Dimensiones de los materiales de almacenamiento

2.2.3 Recolección de datos

Zonas de atención por centro

A continuación, se detallan las zonas de atención por centro de cada ciudad:

Guayaquil

- Guasmo
- Trinitaria
- Alborada
- Centro
- Norte
- Sur
- Oeste
- Sinaí
- Perimetral
- Carretera
- Chongón

Playas

- Daular
- Cerecita
- Consuelo
- Posorja
- Jambelí
- Central
- Playas
- Progreso
- Engabao

Milagro

- Triunfo
- Bucay
- Puerto Inca
- Montero
- Naranjal
- Naranjito
- L. de Garaicoa
- Yaguachi
- M. Maridueña

Guayaquil cubre el 38% de la demanda de todas las zonas, mientras que Playas y Milagro y cubren el 31% cada uno.

Zonas con mayor número de interrupciones

Se utilizó diagramas de Pareto y se trabajó en base a la regla 80-20 con el fin de realizar la estratificación de las zonas y así delimitar nuestra investigación (Gráficos 2.3-2.4).

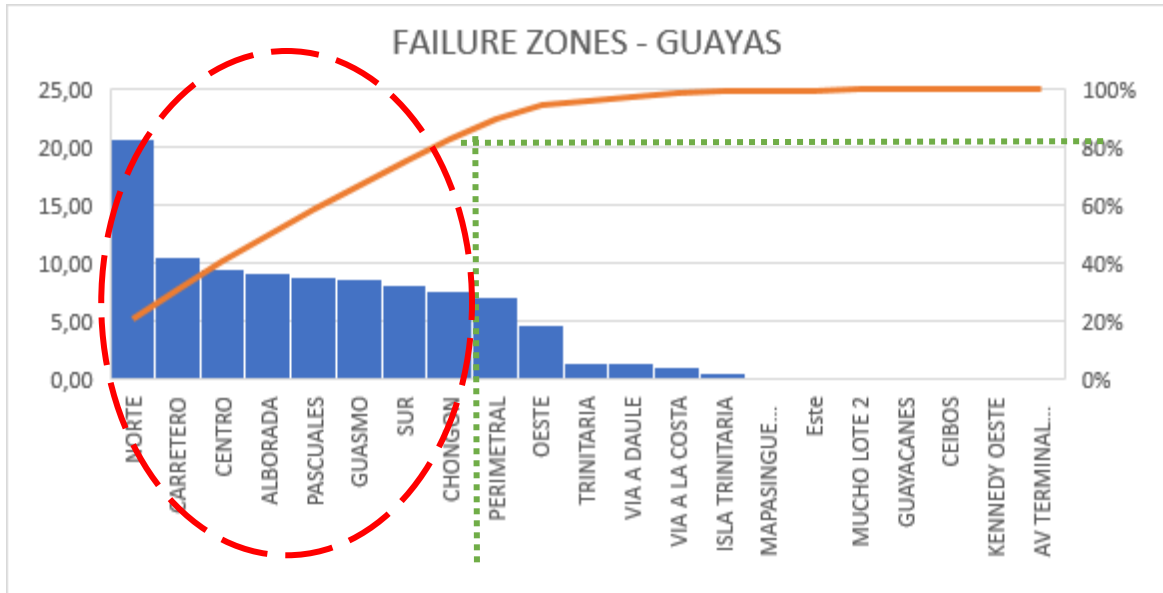


Gráfico 2.2 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Guayaquil

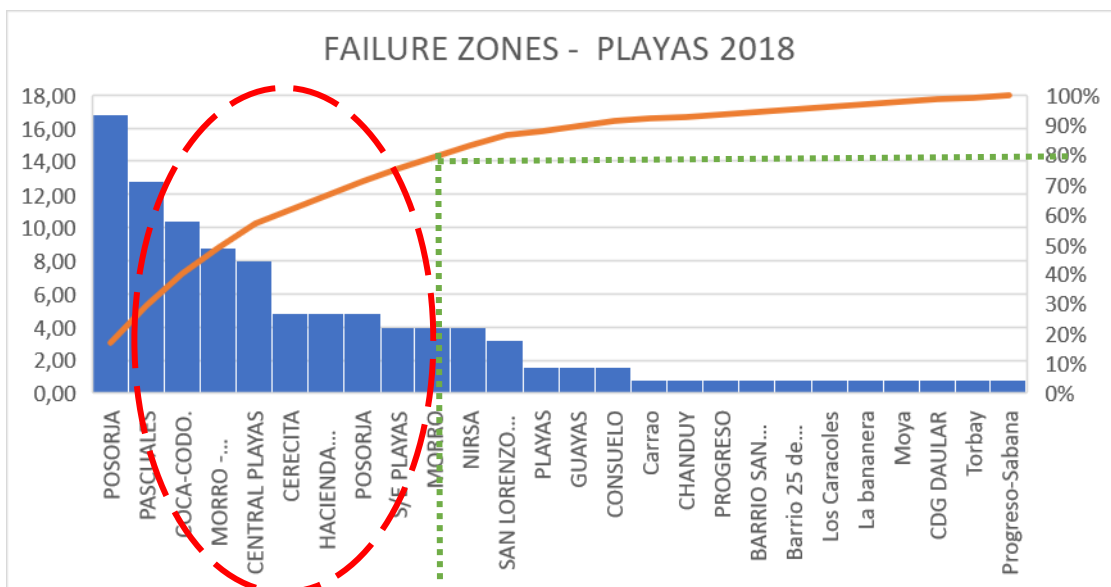


Gráfico 2.3 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Playas

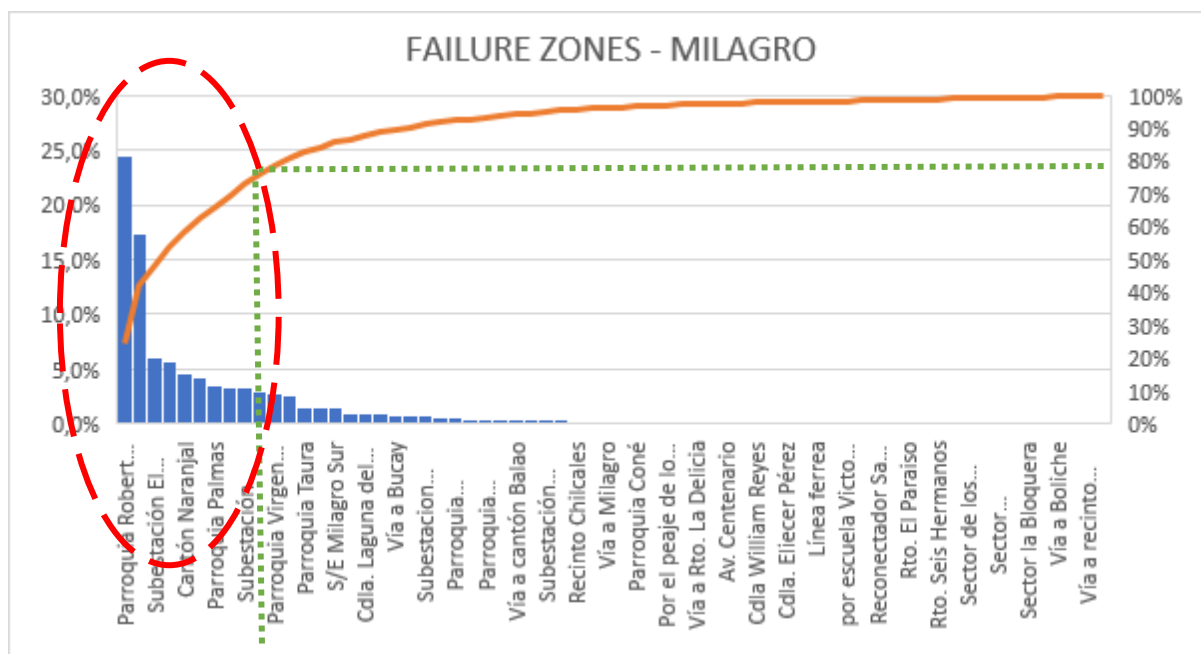


Gráfico 2.4 Diagrama de Pareto: Zona de Fallas Milagro

Distancia recorrida

Se utilizó la herramienta Google Maps de Google para calcular las distancias que recorren actualmente las camionetas y los carros canastas desde la planta a sus diferentes zonas de atención. A continuación, se muestran las distancias en kilómetros que dichos vehículos recorren, por zona (Ilustración 2.4):

GUAYAS	
ZONE	DISTANCE (KM)
NORTE	3,9
CARRETERO	26,1
CENTRO	9,4
ALBORADA	3,5
PASCUALES	12
GUASMO	15,3
SUR	13,3
CHONGON	30,6
PERIMETRAL	11,7
OESTE	7,8

PLAYAS	
ZONE	DISTANCE (KM)
Posorja	21,5
Morro	7,7
Central playas	0,45
Cerecita	42,8
Jambeli	0,75
Progreso	26,9
Consuelo	54,3
San lorenzo	38,9
Via data	2,9

MILAGRO	
ZONE	DISTANCE (KM)
Parroquia Roberto Astudillo	1,1
Centro Urbano	42
Subestación El Triunfo	45,2
Cantón Naranjal	71,3
S/E Milagro TRANSELECTRIC	11
Parroquia Palmas	1,2
Parroquia San Carlos	75,6
S/E Milagro-CELEC EP	57,8
Subestacion Montero	1,4
Parroquia Virgen de Fatima	14,5
Parroquia L. de Garaicoa	23
Ingenio Váldez	1,1
Parroquia Roberto Astudillo	1,1
Subestacion M. Maridueña	1,4
Subestacion Milagro Sur	3,2
Subestacion Puerto Inca	49,8
Barrio la Pradera	3,1
Ingreso a Naranjito	21,2
Rto. Virgen de la Nube	58,4
Vía Milagro - Juján	32,9

Ilustración 2.4 Distancias de punto de falla a la planta

Tipos de fallas

Se realizó un diagrama de Pareto para identificar el tipo de fallas que representa en su mayoría las interrupciones. A continuación, se detalla el tipo fallas a considerar:

- Equipos, materiales y accesorios que fallan
- Mantenimiento preventivo
- Daño accidental o interferencia por parte de individuo
- Alteraciones en el voltaje, corriente o frecuencia
- Animales en líneas de tensión
- Lluvia

Tipos de materiales de almacenamiento

Se realizó un recorrido al almacén de Planta norte, en Guayaquil, y una entrevista con un técnico electricista para identificar los materiales esenciales que debe tener cada centro de atención. Por ejemplo: seccionadores, portafusibles, crucetas, aisladores, conectores, cables conductores, equipos de protección personal, entre otros (Ilustración 2.5).



Ilustración 2.5 Recorrido de bodega

2.3 Análisis

Dentro de la etapa de análisis, se consideraron cuatro diferentes opciones de diseño, las cuales se analizaron por medio de las herramientas financieras: flujo de caja y relación costo/beneficio. Por último, se realizó una matriz de decisión, en la cual se escogió la opción mayor oprimada, basada en criterios dados por el equipo de trabajo y calificados por los mismos.

Se asignó la primera alternativa como opción de no realizar ningún cambio en la empresa, con el fin de poder comparar en un plazo de cinco años como impactarían las distintas alternativas en cuanto a la situación actual.

Las demás alternativas planteadas cuentan con un mismo objetivo, reducir los tiempos de interrupción minimizando tiempos de transporte. Por esta razón, se han establecido las siguientes alternativas:

- Implementar un nuevo centro de atención integral que abastezca los puntos de falla de las tres ciudades.
- La adquisición de nuevas camionetas y carros canastas para cada punto de falla en las tres ciudades de estudio.
- Implementar un nuevo centro de atención integral en cada una de las ciudades de caso de estudio.

2.3.1 Evaluación de alternativas

Como se mencionó previamente, para el análisis de las alternativas se usó la herramienta flujo de caja, dado que esta herramienta permite determinar la opción con mayor rentabilidad según el proyecto.

Para ello, se consideraron los costos e ingresos anuales de la empresa durante el año 2018, correspondientes a las unidades de negocio que trabajan con Guayaquil, Milagro y Playas. Los costos considerados se detallan a continuación (Tabla 2.1):

Tabla 2.1 Costos fijos y variables

DESCRIPCION	EGRESOS
COSTOS	
Compra de energía	\$ 253,264,513.86
SUBTOTAL COSTOS	\$ 253,264,513.86
MANO DE OBRA	
Sueldos salarios y remuneraciones	\$ 44,318,234.85
Aportes a seguridad social	\$ 7,579,034.96
Beneficios sociales	\$ 11,279,481.02
Gastos de planes de beneficios e indemnizaciones	\$ 8,236,271.03
Viáticos y subsistencias	\$ 524,683.03
SUBTOTAL MANO DE OBRA	\$ 71,937,704.89
MATERIALES	
Combustible	\$ 547,758.01
Herramientas	\$ 1,051,949.30
Materiales	\$ 19,591,019.80
Repuestos y accesorios	\$ 485,383.16
Suministros y ensere menores	\$ 923,742.38
SUBTOTAL MATERIALES	\$ 22,599,852.65
SERVICIOS	
Agua, luz, correo y telecomunicaciones	\$ 2,192,319.73
Arrendamiento operativo	\$ 5,610,917.11
Aseo y limpieza	\$ 1,038,523.74
Honorarios comisiones	\$ 13,692.80
Impuestos y contribuciones	\$ 4,449,661.16
Mantenimiento y reparaciones	\$ 11,887,073.52
Notarios y registradores dde la propiedad	\$ 20,492.51
Promocion y publicidad	\$ 930,373.50
Salud y seguridad ocasional	\$ 595,453.75
Seguridad y vigilancia	\$ 4,382,295.20
Seguros y reaseguros	\$ 3,435,358.29
Ser. Externos legales y auditoria	\$ 635,580.69
Transporte	\$ 360,986.04
SUBTOTAL DE SERVICIOS	\$ 35,552,728.02

SERVICIOS COMERCIALES	
Actualizacion de geocodigos	\$ 859.90
Corte y reconexion	\$ 6,434,670.58
Entrega de avisos	\$ 32,951.77
Impresión de planillas	\$ 97,456.73
Inspecciones	\$ 3,168,298.80
Lectofacturacion	\$ 5,967,197.62
Medicion y evaluacion de servicios de electricidad	\$ -
Recuperacion de cartera	\$ 185,791.53
Servicios de recaudacion	\$ 678,274.41
Telemedición de medidores	\$ -
Telemetria	\$ 202,125.43
Toma de lectura	\$ -
SUBTOTAL DE SERVICIOS COMERCIALES	\$ 16,767,626.78

OTRO GASTOS	
Actualizacion de licencias y software	\$ 421,451.12
Gastos de estudios y diseños no aprobados	\$ 279,090.40
Gastos ded gestion	\$ 3,931.20
Gastos de viaje	\$ 172,601.75
SUBTOTAL OTROS GASTOS	\$ 877,074.47
GASTOS FINANCIEROS	
Comisiones bancarias y fiduciarias	\$ 536,472.55
Intereses	\$ -
SUTOTAL DE GASTOS FINANCIEROS	\$ 536,472.55
TOTAL	\$ 401,535,973.23

Así mismo, los ingresos considerados para el caso de estudio se detallan a continuación (Tabla 2.2):

Tabla 2.2 Ingresos de la empresa

DESCRIPCION	INGRESOS
VENTAS	
Venta de energia con tarifa 0%	\$ 423,353,353.31
Costo de recuperacion de energia	\$ 2,873,468.52
Otras ventas con tarifa 0%	\$ 6,254,513.78
Ventas tarifa 12%	\$ 3,461,070.56
Subsidios y reconocimientos estatales	\$ 26,891,228.13
Ingresos ganados	\$ 2,478,781.82
Otros ingresos de actividades ordinarias	\$ 305.73
Otros ingresos	\$ 8,303,950.14
TOTAL	\$ 473,616,672.00

Cabe mencionar que estos valores corresponden a un 43,17% de la demanda a nivel nacional.

La estimación de demanda se detalla a continuación (Ilustración 2.6):

Unidad de Negocio	Demanda de Energía (GWh)	%
CNEL-Bolívar	96394	0,64%
CNEL-El Oro	1226825	8,15%
CNEL-Esmeraldas	598974	3,98%
CNEL-Guayaquil	5496112	36,53%
CNEL-Guayas Los Rios	2359751	15,68%
CNEL-Los Ríos	464070	3,08%
CNEL-Manabí	1831664	12,17%
CNEL-Milagro	808365	5,37%
CNEL-Sta. Elena	719151	4,78%
CNEL-Sto. Domingo	761267	5,06%
CNEL-Sucumbíos	682750	4,54%
CNEL CORP	15.045.323	100,00%

Ilustración 2.6 Demanda de energía por unidad de negocio

Tabla No. 1: Provincias donde se brinda el servicio por Unidad de Negocio

UNIDAD DE NEGOCIO	Provincias servidas
UN Bolívar	Guayas (0,02%), Los Ríos (2,4%), Bolívar (96,92%), Cotopaxi (0,37%), Chimborazo (1,74%), Tungurahua (3,00%)
UN El Oro	El Oro (97,29%), Guayas (4,34%), Azuay (5,13%), Loja (0,96%)
UN Esmeraldas	Esmeraldas (93,16%), Manabí (0,2%), Carchi (0,08%), Pichincha (2,0%), Zona no delimitada (42,30%)
UN Guayaquil	Guayas (8,71%)
UN Guayas Los Ríos	Guayas (43,67%), Los Ríos (37,04%), Manabí (4,03%), Cotopaxi (0,38%), Santo Domingo de los Tsáchilas (0,024%), Zona no delimitada (43,3%), Santa Elena (0,0005%)
UN Los Ríos	Los Ríos (52,09%), Guayas (0,86%), Bolívar (0,64%), Cotopaxi (0,28%)
UN Manabí	Guayas (1,95%), Manabí (59,33%), Santa Elena (0,014)
UN Milagro	Guayas (27,43%), Los Ríos (2,22%), Azuay (0,34%), Bolívar (1,74%), Cañar (3,01%), Chimborazo (0,30%), Zona no delimitada (47,87%)
UN Santa Elena	Guayas (11,61%), Manabí (0,008%), Santa Elena (99,88%)
UN Santo Domingo	Esmeraldas (5,52%), Los Ríos (5,07%), Manabí (36,52%), Cotopaxi (4,65%), Pichincha (9,89%), Santo Domingo (99,98%), Zona no delimitada (73,9%)
UN Sucumbíos	Orellana (95,4%), Sucumbíos (84,5%), Napo (15%), Pastaza (0,12%)

Fuente: Gerencia de Planificación

Ilustración 2.7 Provincias servidas

En la Ilustración 2.6, se obtiene que las unidades de negocio para Guayaquil, Guayas Los Ríos y Santa Elena tiene un total de demanda de 56,49%. Sin embargo, en la Ilustración 2.7, se detalla a las provincias servidas por sector, lo que da a conocer

exactamente el porcentaje de atención a las ciudades de interés reduciendo este valor al 43,17%.

A partir de la obtención de los valores de ingresos y egresos, se procedió a calcular la inflación a nivel nacional, así como también, el impacto que existe en el valor del salario mínimo para los trabajadores. Este factor se lo calculó con el fin de obtener un pronóstico de los egresos anuales de la empresa a un plazo de 5 años.

Para el cálculo del pronóstico de inflación (véase Gráfico 2.5), se utilizó el método de promedios móviles con una media de 5. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2.3.



Gráfico 2.5 Inflación

Tabla 2.3 Inflación pronosticada

YEAR	% INFLATION
2015	4.87%
2016	1.59%
2017	0.16%
2018	-0.71%
2019	0.61%
2020	0.02%
2021	-0.03%
2022	0.20%
2023	0.06%
2024	0.08%

Fuente: Elaboración propia

Autores: Allison Espinoza y Bianca Pulley

Por otro lado, se solicitó un pronóstico de demanda de venta de energía eléctrica a la empresa. Los datos obtenidos fueron los siguientes (Ilustración 2.8 y Tabla 2.4):



Fuente: Banco Central del Ecuador

Ilustración 2.8 Evolución salario básico unificado

Tabla 2.4 Incremento salario básico unificado

YEAR	SALARY	INCREMENT
2014	\$ 340.00	-
2015	\$ 354.00	1.04
2016	\$ 366.00	1.03
2017	\$ 375.00	1.02
2018	\$ 386.00	1.03
2019	\$ 394.00	1.02
2020	\$ 402.17	1.02
2021	\$ 410.50	1.02
2022	\$ 419.01	1.02
2023	\$ 427.69	1.02
2024	\$ 436.56	1.02

Fuente: Elaboración propia

Autores: Allison Espinoza y Bianca Pulley

Adicional a esto, se consideró un incremento en las ventas tal como se muestra en la Tabla 2.5, basándose en la data histórica de ventas de la empresa. Por último, tal como se maneja la empresa actualmente, se consideró la tasa de retorno con un valor del 10,8% dado por la empresa eléctrica.

Tabla 2.5 Incremento de ventas

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
VENTAS	1.30%	1.00%	1.00%	1.00%

Seguidamente, se procedió a elaborar los flujos de caja para las diferentes alternativas considerando cada uno de los parámetros establecidos previamente.

ALTERNATIVA 1:

El flujo de caja actual para la empresa sin realizar ningún tipo de inversión se encuentra detallado en la Tabla 2.6; los valores mostrados están en unidades de miles de dólares.

Tabla 2.6 Flujo de caja: Sin proyecto

YEAR	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sales		\$ 426,814	\$ 432,363	\$ 436,687	\$ 441,054	\$ 445,464
Purchase of electric power		\$ (253,265)	\$ (253,315)	\$ (253,239)	\$ (253,746)	\$ (253,898)
Workforce cost		\$ (71,938)	\$ (71,952)	\$ (71,966)	\$ (71,981)	\$ (71,995)
Cost of materiales		\$ (22,600)	\$ (22,604)	\$ (22,598)	\$ (22,643)	\$ (22,656)
Cost of services		\$ (35,553)	\$ (35,560)	\$ (35,549)	\$ (35,620)	\$ (35,642)
Commercial services		\$ (16,768)	\$ (16,771)	\$ (16,766)	\$ (16,799)	\$ (16,810)
Other expenses		\$ (877)	\$ (877)	\$ (877)	\$ (879)	\$ (879)
Financial expenses		\$ (536)	\$ (537)	\$ (536)	\$ (537)	\$ (538)
Interest		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciation		\$ (253)	\$ (253)	\$ (253)	\$ (253)	\$ (253)
Profit before taxes		\$ 25,025	\$ 30,494	\$ 34,902	\$ 38,595	\$ 42,793
Taxes (25%)		\$ 6,256	\$ 7,623	\$ 8,725	\$ 9,649	\$ 10,698
Net profit		\$ 18,769	\$ 22,870	\$ 26,176	\$ 28,946	\$ 32,095
Depreciation		\$ 253	\$ 253	\$ 253	\$ 253	\$ 253
Investment	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Loan	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Salvage value		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,071
Cash flow		\$ 19,022	\$ 23,123	\$ 26,429	\$ 29,199	\$ 34,419
NPV (10,8%)	\$ 95,418					

Se puede observar que el proyecto tiene un valor actual neto de \$95,418K, lo que indica que actualmente la empresa es rentable y sostenible a largo plazo. Los valores descritos en la fila de depreciación corresponden a los activos fijos con los que cuenta la empresa actualmente y el tiempo de vida útil.

ALTERNATIVA 2:

Como se mencionó anteriormente, la alternativa 2 implica construir un nuevo centro de atención integral en cualquier punto correspondiente a las ciudades de interés, con el objetivo de disminuir la energía no suministrada a los puntos de fallas, y con ello disminuir la distancia recorrida hacia la zona afectada.

Para ello se consideraron los mismos porcentajes de impacto para la demanda, inflación y salario de trabajadores. Sin embargo, al implementar este proyecto se conoce que el consumo de gasolina disminuye dado que las distancias entre puntos se reducen, así como también incrementan los ingresos por la disminución de energía no suministrada.

Para el análisis de reducción de combustible se consideraron los tiempos de reducción de las interrupciones mostrados a continuación (ver Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Tiempos de reducción Playas y Milagro

PLAYAS			MILAGRO		
DOWNTIME	REDUCTION TIME	OBJECTIVE TIME	DOWNTIME	REDUCTION TIME	OBJECTIVE TIME
1,33	0,97	0,36	0,68	0,43	0,25
0,87	0,39	0,49	2,49	1,80	0,69
1,87	1,31	0,56	0,39	0,11	0,28
1,26	0,42	0,84	0,77	0,26	0,51
1,16	0,87	0,29	0,89	0,46	0,44
1,36	0,58	0,78	1,47	1,22	0,25
2,14	1,55	0,59	2,24	1,92	0,32
1,55	1,23	0,32	1,17	0,00	1,17
3,59	3,11	0,48	0,64	0,00	0,64
1,81	1,47	0,34	1,63	1,39	0,25
1,17	0,81	0,36	1,33	0,57	0,76
2,45	2,12	0,34	0,91	0,25	0,66
1,90	0,34	1,56	2,61	1,69	0,92
1,40	0,88	0,52	1,91	1,20	0,72
1,69	1,00	0,69	0,55	0,15	0,40
1,98	0,76	1,22			
AVERAGE	1,11		AVERAGE	0,76	

Tabla 2.8 Horas totales de reducción

CIUDAD	HORAS
Guayaquil	1035
Playas	1691
Milagro	591

Para la ciudad de Playas, se estimó que el número de fallas anuales es 1859 fallas, mientras que en la ciudad de Milagro y Guayaquil el número es de 1274 y 3273, respectivamente.

Con estos valores se pudo calcular el tiempo de reducción de fallas por ciudad al año, tal como se indica en la Tabla 2.8.

Al considerar cada uno de estos tiempos anuales, se concluye que se desea reducir 3317 horas/año.

Luego, se procedió a determinar la utilización de los vehículos, obteniendo como resultado un 70% de utilización de las camionetas y 30% de los carros canastas. Con esto, se obtiene que el tiempo de transporte de reducción para las camionetas es 2322 horas, mientras que para los carros canastas es 995 horas. Además, se conoce que las camionetas conducen a una velocidad promedio de 80 km/h, mientras que los carros canastas conducen a una velocidad de 70 km/h. Dado esto, por medio de la Ecuación 2.1, se pudo calcular que la distancia capaz de recorrer cada vehículo en su determinado tiempo corresponde a 185724 km las camionetas y 69646 km los carros canastas.

$$\text{distancia} = \text{velocidad} * \text{tiempo}$$

Ecuación 2.1 Ecuación de distancia

También se consideró para su respectivo análisis, la cantidad de kilómetros que recorre cada vehículo por galón, en el caso de las camionetas, éstas alcanzan un valor de 35 km/galón, mientras que los carros canastas alcanzan los 50 km/galón.

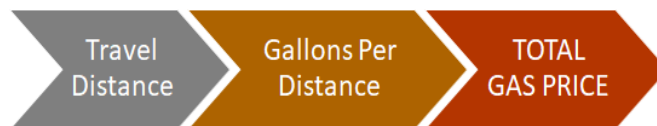


Ilustración 2.9 Secuencia para obtención de gasto total de consumo de gas

Finalmente, con estos datos se pudo calcular los galones que requieren cada vehículo para conducir las distancias determinadas, y por consiguiente obtener el valor en dólares americanos sobre el ahorro de combustible. El resultado obtenido fue de 18000 dólares anuales. El detalle se muestra a continuación en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Consumo de gas total

	UTILIZATION	TIME TO REDUCE (HOURS)	AVERAGE VELOCITY (KM/H)	TRAVEL DISTANCE (KM)	GALONS PER TRAVEL DISTANCE	GAS PRICE PER GALON	TOTAL GAS PRICE
TRUCKS	70%	2321,55	80	185724	5306,4	\$ 2,75	\$14.592,60
CHERRY PICKER TRUCKS	30%	994,95	70	69646,5	1392,93	\$ 2,75	\$ 3.830,56
						TOTAL	\$18.423,16

Para el cálculo de energía no suministrada (ENS), se realizó una regresión múltiple con los factores de horas y potencia nominal (kVA) promedio en el año, correspondientes a cada ciudad. El tiempo usado sigue siendo el mismo que se especificó previamente para la reducción de combustible, ya que este pertenece al objetivo que quiere llegar la empresa, mientras que la potencia promedio depende de las fallas ocasionadas en cada zona de falla.

Se obtuvo una regresión múltiple por cada ciudad, y se detallan a continuación (Ecuaciones 2.2-2.4), donde x_1 pertenece a la variable horas, y x_2 pertenece a la variable de energía no suministrada.

➤ GUAYAQUIL

$$ENS = -1.2901 + X_1 0.815 + X_2 0.6912$$

Ecuación 2.2 Energía no suministrada Guayaquil

➤ PLAYAS

$$ENS = -8.8343 + X_1 3.1909 + X_2 2.5060$$

Ecuación 2.3 Energía no suministrada Playas

MILAGRO

$$ENS = -1.5804 + X_1 0.8166 + X_2 1.2422$$

Ecuación 2.4 Energía no suministrada Milagro

La Tabla 2.10 resume los resultados obtenidos al ingresar los valores de tiempo y potencia en la ecuación de ENS.

Tabla 2.10 Energía no suministrada en dinero

Ciudad	Energía no suministrada	Dólares americanos
Guayaquil	851140 kVA	229K USD
Playas	5581463 kVA	1507K USD
Milagro	733850 kVA	198K USD

Se consideraron también los costos de inversión para la construcción de la nueva planta y sus materiales de obra. Seguidamente, se calculó el costo de depreciación por activos, los mismos que se encuentran detallados en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Inversión para una nueva planta

	ASSETS	YEARS	DEPRECIATION	LIABILITES	BOOK VALUE PER SHARE
GROUND	\$ 180.000,00		\$ -		\$ 180.000,00
BUILDING	\$ 230.000,00	20	\$ 11.500,00	\$ 57.500,00	\$ 172.500,00
CHERRY PICKER TRUCKS	\$ 720.000,00	10	\$ 72.000,00	\$ 360.000,00	\$ 360.000,00
TRUCKS	\$ 405.000,00	8	\$ 50.625,00	\$ 253.125,00	\$ 151.875,00
FURNITURE AND OFFICE EQUIPMENT	\$ 3.916,00	5	\$ 783,20	\$ 3.916,00	\$ -
SYSTEM EQUIPMENT	\$ 8.486,00	5	\$ 1.697,20	\$ 8.486,00	\$ -
INVESTMENT	\$ 1.547.402,00	TOTAL	\$ 136.605,40	TOTAL	\$ 864.375,00

El flujo de caja realizado para la alternativa 2 se muestra en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Flujo de caja alternativa 2

YEAR	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sales	\$ 428.943.583,86	\$ 434.519.850,45	\$ 438.865.048,95	\$ 443.253.699,44	\$ 447.686.236,44	
Purchase of electric power	\$ 253.264.513,86	\$ 253.315.166,77	\$ 253.239.172,22	\$ 253.745.650,56	\$ 253.897.897,95	
Workforce cost	\$ 72.564.827,85	\$ 72.579.340,81	\$ 72.593.856,68	\$ 72.608.375,45	\$ 72.622.897,13	
Cost of materiales	\$ 20.622.327,67	\$ 20.626.452,14	\$ 20.620.264,20	\$ 20.661.504,73	\$ 20.673.901,64	
Cost of services	\$ 38.515.455,36	\$ 38.523.158,45	\$ 38.511.601,50	\$ 38.588.624,70	\$ 38.611.777,88	
Commercial services	\$ 16.767.626,78	\$ 16.770.980,30	\$ 16.765.949,01	\$ 16.799.480,91	\$ 16.809.560,60	
Other expenses	\$ 877.074,47	\$ 877.249,88	\$ 876.986,71	\$ 878.740,68	\$ 879.267,93	
Financial expenses	\$ 536.472,55	\$ 536.579,85	\$ 536.418,87	\$ 537.491,71	\$ 537.814,21	
Interest						
Depreciation	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	
Profit before taxes	\$ 25.405.641,02	\$ 30.901.277,95	\$ 35.331.155,46	\$ 39.044.186,39	\$ 43.263.474,82	
Taxes (25%)	\$ -6.351.410,25	\$ -7.725.319,49	\$ -8.832.788,86	\$ -9.761.046,60	\$ -10.815.868,70	
Net profit	\$ 19.054.230,76	\$ 23.175.958,46	\$ 26.498.366,59	\$ 29.283.139,79	\$ 32.447.606,11	
Depreciation	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	\$ 389.644,30	
Investment	\$ -1.547.402,00					
Loan		0				
Work capital	\$ -650.000,00					\$ 550.000,00
Salvage value						\$ 3.267.705,63
Cash Flow	\$ -2.197.402,00	\$ 19.443.875,06	\$ 23.565.602,76	\$ 26.888.010,89	\$ 29.672.784,09	\$ 36.654.956,04
NPV (10,8%)	\$95.951.504,03					
IRR	905%					

El valor actual neto obtenido con esta inversión es de 95,951K USD, y la tasa de retorno 905%. Al trabajar con una empresa pública mantenida por el estado, se puede justificar el elevado valor de la tasa de retorno, ya que el proyecto no requiere realizar algún préstamo y los ingresos son lo suficientemente elevados para cubrir con los gastos de inversión al año siguiente.

ALTERNATIVA 3:

La alternativa 3 consiste en la adquisición de nuevos vehículos para ubicar un carro canasta y una camioneta en cada zona de falla. Con este análisis se conoce que el total de carros a comprar sería de 37 camionetas y 37 carros canastas. Los vehículos deberán permanecer estacionados en aquellos sectores con mayor número de falla tal como se indicó en la etapa de medición, y deberán contar cada uno con un chofer y un electricista.

La Tabla 2.13 detalla cada uno de los sectores con la cantidad de kilómetros a recorrer y número de veces al año que los carros requieren abastecerse de combustible.

Tabla 2.13 Consumo de gasolina alternativa 3

	37	Distancia de ida	Distancia total	Viajes que alcanzan con los galones de gasolina	veces en el año para re llenar tanque}	Viajes que alcanzan con los galones de gasolina	veces en el año para re llenar tanque}	galons	
	Zonas con mas fallas							Total diesel	
guayaquil	Norte	3,9	7,8	113	4	257	2	493,2	
	Carretero	26,1	52,2	17	22	39	10	2903	
	Centro	9,4	18,8	47	8	107	4	986,4	
	Alborada	3,5	7	125	3	286	2	424,7	
	Pascuales	1,2	2,4	37	10	84	5	1233	
	Guasmo	15,3	30,6	29	13	66	6	1546,1	
	Sur	13,3	26,6	33	12	76	5	1370	
	Chongón	30,6	61,2	15	25	33	12	3027,7	
	Perimetral	11,7	23,4	38	10	86	5	1233	
Oeste	7,8	15,6	57	7	129	3	808,3		
milagro	Parroquia robertoastudillo	1,1	2,2	368	1	910	1	178,1	
	Centro Urbano	4,2	8,4	11	34	24	1,6	4082,6	
	Subestación el triunfo	45,2	90,4	10	37	23	1,6	4288,1	
	cantón naranjal	71,3	142,6	7	53	15	25	6370,5	
	s/e milagro transelectric	11	22	40	10	91	5	1233	
	parroquia palmas	1,2	2,4	365	1	834	1	178,1	
	parroquia san carlos	75,6	151,2	6	61	14	27	7137,7	
	s/e milagro celec	57,8	115,6	8	46	18	21	5452,6	
	s/e montero	1,4	2,8	313	2	715	1	246,6	
	parroquia virgen de fatima	14,5	29	31	12	69	6	1479,6	
	barroquia lore ro de garicoe	23	46	20	19	44	9	2287,9	
	ingenio vález	1,1	2,2	368	1	910	1	178,1	
	s/e marcelino mariduená	1,1	2,2	368	1	910	1	178,1	
	milagro sur	3,2	6,4	137	3	313	2	424,7	
	puerto inca	49,8	99,6	9	41	21	18	4781,3	
	ingreso a naranjito	21,2	42,4	21	18	48	8	2109,8	
	rto. Virgen de la nube	58,4	116,8	8	46	18	21	5452,6	
vía milagro/ujan	32,9	65,8	14	27	31	1,2	3164,7		
playas	posorja	21,5	43	21	18	47	8	2109,8	
	morro	7,7	15,4	57	7	130	3	808,3	
	central playas	0,45	0,9	973	1	2223	1	178,1	
	cerecita	4,28	8,56	11	34	24	1,6	4082,6	
	jambelí	0,75	1,5	584	1	1334	1	178,1	
	progreso	26,9	53,8	17	22	38	10	2903	
	consuelo	54,3	108,6	9	41	19	20	5000,5	
	san lorenzo	38,9	77,8	12	31	26	15	3767,5	
via data	2,9	5,8	151	3	345	2	424,7		
								Total	\$ 82.104,10

Esta alternativa cuenta con la inversión más alta, debido a la cantidad de vehículos que se requieren comprar y la cantidad de personal a contratar.

A continuación, se detalla el flujo de caja para la propuesta:

Tabla 2.14 Flujo de caja Alternativa 3

PURCHASE OF TRUCKS AND CHERRY PICKER TRUCKS						
Años	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sales		\$ 426.814.423,87	\$ 432.363.011,98	\$ 436.686.641,49	\$ 441.053.507,91	\$ 445.464.042,99
Purchase of electric power		\$ 253.264.513,86	\$ 253.315.166,77	\$ 253.239.172,22	\$ 253.745.650,56	\$ 253.897.897,95
Workforce cost		\$ 72.568.288,85	\$ 72.568.288,85	\$ 72.568.288,85	\$ 72.568.288,85	\$ 72.568.288,85
Cost of materiales		\$ 24.887.166,22	\$ 24.887.166,22	\$ 24.887.166,22	\$ 24.887.166,22	\$ 24.887.166,22
Cost of services		\$ 35.552.728,02	\$ 35.552.728,02	\$ 35.552.728,02	\$ 35.552.728,02	\$ 35.552.728,02
Commercial services		\$ 16.767.626,78	\$ 16.767.626,78	\$ 16.767.626,78	\$ 16.767.626,78	\$ 16.767.626,78
Other expenses		\$ 877.074,47	\$ 877.074,47	\$ 877.074,47	\$ 877.074,47	\$ 877.074,47
Financial expenses		\$ 536.472,55	\$ 536.472,55	\$ 536.472,55	\$ 536.472,55	\$ 536.472,55
Interest		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciation		\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50
Profit before taxes		\$ 21.062.425,62	\$ 26.560.360,22	\$ 30.959.984,89	\$ 34.820.372,96	\$ 39.078.660,65
Taxes (25%)		\$ -5.265.606,40	\$ -6.640.090,06	\$ -7.739.996,22	\$ -8.705.093,24	\$ -9.769.665,16
Net profit		\$ 15.796.819,21	\$ 19.920.270,17	\$ 23.219.988,67	\$ 26.115.279,72	\$ 29.308.995,49
Depreciation		\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50	\$ 1.298.127,50
Investment	\$ 3.868.000,00					
Loan	\$ -					
Amortización		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cash Flow	\$ -3.868.000,00	\$ 17.094.947	\$ 21.218.398	\$ 24.518.116	\$ 27.413.407	\$ 30.607.123
NPV (10,3%)	\$ 83.386.059					
IRR	464%					

Como se observa en la Tabla 2.14, el valor actual neto (VAN) es de \$83,386K, y el proyecto tendría una tasa de retorno de 464%. A pesar de que sus valores han disminuido en comparación con los otros proyectos, se puede decir que la alternativa es viable dado su valor de VAN positivo.

ALTERNATIVA 4:

La alternativa 4 propone instalar 3 nuevos centros de atención integral, distribuidos en cada una de las ciudades de interés. Para esta alternativa, se considera la misma cantidad de ingresos por energía no suministrada, así como también el porcentaje de inflación e incremento de salario para trabajadores que se han utilizado para el análisis de las alternativas anteriores. Cabe mencionar, que la reducción de combustible mostró un alto impacto en cuanto a la disminución de costos, este análisis se procede a explicar en las siguientes tablas.

Para determinar la reducción de combustible se inició realizando una matriz de distancia entre las plantas que se tienen en la actualidad y los sectores con mayor número de fallas (Tabla 2.15-2.17).

Tabla 2.15 Matriz de distancia Guayaquil

MOST FAILURES ZONES	PLANTA	NORTE	CARRETERO	CENTRO	ALBORADA	PASCUALES	GUASMO	SUR	CHONGON	PERIMETRAL	OESTE	
Norte	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Carretero		26,1	0	27	28,2	34,2	29,9	26,9	4,5	22,5	29,2	
Centro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alborada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pascuales		12	34,2	18,3	10,3	0	27,8	21,9	34,8	20,6	11,2	
Guasmo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chongón		30,6	4,5	29,9	32,9	34,8	33,6	33,3	0	15	7,8	
Perimetral		11,7	22,5	13,8	15,2	20,6	17,3	17,1	15	0	15,5	
Oeste	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL		80,4	61,2	89	86,6	89,6	108,6	99,2	54,3	58,1	63,7	
REDUCE TO:		23,7				68,4			12		38,1	
PERCENTAGE:		70,52%				21,02%			87,90%		29,83%	

Tabla 2.16 Matriz de distancia Milagro

MOST FAILURES ZONES	Factory	Factory CNEL	Centro Urbano	Subestación el triunfo	cantón naranjal	s/e milagro transelectric	parroquia palmas	s/e milagro celec	parroquia virgen de fatima	parroquia lorenzo de garaicoa	ingenio vález	puerto inca	naranjito	Puerto Virgen de la nube	Via jujan
Parroquia roberto astudillo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Urbano		42	0	58,1	103	31,8	43,6	83,8	47,7	39,1	42,5	94,7	27,8	69,2	74,8
Subestación el triunfo		45,2	58,1	0	62,2	83,4	35,4	50,8	64,4	28,7	59,8	40,7	41,3	48,5	70,5
cantón naranjal		71,3	103	83,4	0	80,3	80,2	93,8	58,1	93,9	75,3	20,5	91	47,6	105
s/e milagro transelectric	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
parroquia Las Palmas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s/e milagro celec		57,8	83,8	64,4	93,8	57,7	49,9	0	36,5	68,2	46,3	80,9	67	79,5	34,4
parroquia virgen de fatima	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
parroquia lorenzo de garaicoa		23	39,1	59,8	93,9	22,6	20,5	68,2	38,2	0	23,5	82,7	17	81,4	26,9
ingenio vález	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
puerto inca		48,8	94,7	41,3	20,5	69,4	68,6	80,9	49,2	82,7	63,6	0	70,6	27,1	63,7
Naranjito		21,2	27,8	48,5	91	11,2	23,2	67	35,3	17	22	70,6	0	83,1	33
Puerto Virgen de la Nube		58,4	69,2	70,5	47,6	68,1	67,2	79,5	47,8	81,4	62,2	27,1	83,1	0	70,8
Via jujan		32,9	74,8	75,9	105	44	13,8	34,4	49,6	26,9	12	63,7	33	70,8	0
TOTAL		400,6	550,5	501,9	617	468,5	402,4	558,4	426,8	437,9	407,2	480,9	430,8	507,2	479,1

Tabla 2.17 Matriz de distancia Playas

MOST FAILURES ZONES	Planta	Factory	posorja	morro	central playas	cerecita	jambeli	progreso	consuelo	san lorenzo	via data
posorja		21,7	0	19,1	21,2	65,3	20,9	33,6	79,4	60,3	18,6
morro	1	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
central playas	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cerecita		43,9	65,3	51,2	44,4	0	44,5	15,6	15,3	30,6	45,6
jambeli	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
progreso		27,1	33,6	34,4	27,5	15,6	27,6	0	32,8	11,8	29,8
consuelo		58	79,4	65,3	58,4	15,3	58,5	32,8	0	38,9	60,8
san lorenzo		38,8	60,3	46,2	39,4	30,6	39,4	11,8	38,9	0	41,6
via data	1	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		201,7	238,6	216,2	190,9	126,8	190,9	93,8	166,4	141,6	196,4

Con la ayuda de estas matrices, se procedió a analizar cuáles eran las zonas con mayor lejanía a las plantas actuales, y cuáles se encontraban cerca de otra zona de falla.

De este modo se obtuvo que los nuevos centros integrados de atención para esta propuesta se encontraran ubicados en Chongón, Naranjal y Cerecita.

Tabla 2.18 Ubicación planta Guayaquil

	NORTE	SUR	CHONGON	
Norte	0	0	0	
Carretero	0	0	4,5	
Centro	0	8,3	0	
Alborada	3,5	0	0	
Pascuales	12	0	0	
Guasmo	0	2,9	0	
Sur	0	0	0	
Chongón	0	0	0	
Perimetral	11,7	0	0	
Oeste	0	0	7,8	
	27,2	11,2	12,3	50,7

Cabe recalcar, que, para el análisis final del modelo, quizás no se consideren las mismas ubicaciones de los centros integrados de atención, debido a que en este análisis se consideró únicamente la lejanía de los puntos de fallas, mientras que para el modelo final se considera más de un factor, por tal razón, las localizaciones quizás tomen otras coordenadas.

En la Tabla 2.18 se muestra la distancia que se debe recorrer actualmente en la ciudad de Guayaquil, versus la distancia que se recorrería si existiera un nuevo centro integrado de atención. En caso de que este nuevo centro integrado se encuentre en la ciudad de Guayaquil en el sector de Chongón, la distancia recorrida disminuirá en un 54.08%.

Tabla 2.19 Ubicación de planta Playas

	Centro integrado de atención actual		Centro integrado de atención actual	cerecita
posorja	21,7	posorja	21,7	0
morro	7,6	morro	7,6	0
central playas	0,5	central playas	0,5	0
cerecita	43,9	cerecita	0	0
jambeli	1	jambeli	1	0
progreso	27,1	progreso	0	15,6
consuelo	58	consuelo	0	15,3
san lorenzo	38,8	san lorenzo	0	30,6
Playa vía data	3,1	Playa vía data	3,1	0
	201,7		33,9	61,5

En la Tabla 2.19 se muestra la distancia que se recorre actualmente en la ciudad Playas, versus la distancia que se recorrería con el nuevo centro integrado de atención. En caso de que éste, se encuentre ubicada en Cerecita, la distancia que se recorre actualmente disminuiría en un 69.51%.

Tabla 2.20 Ubicación de planta Milagro

	planta CNEL		planta CNEL	cantón naranjal
Parroquia roberto astudillo	0	Parroquia roberto astudillo	0	0
Centro Urbano	42	Centro Urbano	42	0
Subestación el triunfo	45,2	Subestación el triunfo	45,2	0
cantón naranjal	71,3	cantón naranjal	0	0
s/e milagro transelectric	0	s/e milagro transelectric	11	0
parroquia Las Palmas	0	parroquia Las Palmas	1,2	0
s/e milagro celec	57,8	s/e milagro celec	57,8	0
parroquia virgen de fatima	0	parroquia virgen de fatima	14,5	0
parroquia lorenzo de garaicoa	23	parroquia lorenzo de garaicoa	23	0
ingenio váldez	0	ingenio váldez	1,1	0
puerto inca	48,8	puerto inca	0	20,5
Naranjito	21,2	Naranjito	21,2	0
Puerto Virgen de la Nube	58,4	Puerto Virgen de la Nube	0	47,6
Vía jujan	32,9	Vía jujan	32,9	0
	400,6		249,9	68,1

318

En la Tabla 2.20, se muestra la distancia que se recorre actualmente en la ciudad Milagro, versus la distancia que se recorrería con el nuevo centro integrado de atención. En caso de que éste, se encuentre ubicada en Naranjal, la distancia que se recorre actualmente disminuiría en un 20.62%.

Dada la reducción de transporte por cada ciudad, se obtiene que la reducción de combustible en promedio es del 48,07%.

La cantidad de inversión se detalla en las siguientes Tablas, así como su depreciación (Tablas 2.21 y 2.22).

Tabla 2.21 Inversión alternativa 4

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TOTAL	PRECIO UNITARO	PRECIO TOTAL
CARROS CANASTAS	2	6	\$ 120.000,00	\$ 720.000,00
CAMIONETAS	5	15	\$ 27.000,00	\$ 405.000,00
TERRENO	1	3	\$ 160.000,00	\$ 480.000,00
EDIFICIO	1	3	\$ 250.000,00	\$ 750.000,00
				\$ 2.355.000,00

Tabla 2.22 Depreciación alternativa 4

	ACTIVOS	AÑOS	DEPRECIACIÓN
TERRENO	\$ 480.000		\$ -
EDIFICIO	\$ 750.000	20	\$ 37.500,00
CARROS CANASTAS	\$ 720.000	10	\$ 72.000,00
CAMIONETAS	\$ 405.000	8	\$ 50.625,00
MUEBLES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$ 12.600	5	\$ 2.520,00
EQ. DE COMPUTACIÓN	\$ 30.903	5	\$ 6.180,60
INVERSIÓN	\$ 2.398.503,00	TOTAL	\$ 168.825,60

Como se observa en el flujo de caja mostrado en la Tabla 2.23, el valor actual neto es de \$79, 487,714 USD y su tasa de retorno 582%.

Tabla 2.23 Flujo de caja alternativa 4

YEAR	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sales		\$ 428.943.584	\$ 434.519.850	\$ 438.865.049	\$ 443.253.699	\$ 447.686.236
Purchase of electric power		\$ (253.264.514)	\$ (253.315.167)	\$ (253.239.172)	\$ (253.745.651)	\$ (253.897.898)
Workforce cost		\$ (73.028.416)	\$ (73.043.022)	\$ (73.057.630)	\$ (73.072.242)	\$ (73.086.856)
Cost of materiales		\$ (20.377.443)	\$ (20.381.519)	\$ (20.375.404)	\$ (20.416.155)	\$ (20.428.405)
Cost of services		\$ (41.478.183)	\$ (41.486.478)	\$ (41.474.032)	\$ (41.556.980)	\$ (41.581.915)
Commercial services		\$ (16.767.627)	\$ (16.770.980)	\$ (16.765.949)	\$ (16.799.481)	\$ (16.809.561)
Other expenses		\$ (877.074)	\$ (877.250)	\$ (876.987)	\$ (878.741)	\$ (879.268)
Financial expenses		\$ (536.473)	\$ (536.580)	\$ (536.419)	\$ (537.492)	\$ (537.814)
Interest						
Depreciation		\$ (421.865)	\$ (421.865)	\$ (421.865)	\$ (421.865)	\$ (421.865)
Profit before taxes		\$ 22.191.990	\$ 27.686.990	\$ 32.117.591	\$ 35.825.094	\$ 40.042.655
Taxes (25%)		\$ 5.547.997	\$ 6.921.748	\$ 8.029.398	\$ 8.956.273	\$ 10.010.664
Net profit		\$ 16.643.992	\$ 20.765.243	\$ 24.088.193	\$ 26.868.820	\$ 30.031.992
Depreciation		\$ 421.865	\$ 421.865	\$ 421.865	\$ 421.865	\$ 421.865
Investment	\$ (2.398.503,00)					
Loan		0				
Work capital	\$ (650.000,00)					\$ 650.000
Salvage value						\$ 3.778.531
Cash Flow	\$ -3.048.503,00	\$ 17.065.856,71	\$ 21.187.107,19	\$ 24.510.057,41	\$ 27.290.684,69	\$ 34.882.387,45
NPV (10,8%)	\$ 79.487.714					
IRR	582%					

Debido a que el flujo de caja nos indica que se debería seleccionar la alternativa con mayor rentabilidad según su valor actual neto, se decidió realizar una matriz de

decisión junto al equipo de trabajo, con el fin de escoger la opción más opcionada, no solo en cuanto a costo sino también a las necesidades de la empresa.

Para este caso, la junta directiva evaluó 6 criterios con un valor entre 1-5, siendo 1 el valor más bajo y 5 el valor más alto, y se procedió a evaluar de igual manera la relación que existe entre las alternativas y los criterios. El resultado final se muestra en la Tabla 2.24.

Tabla 2.24 Matriz de decisión de alternativas

CRITERIA	WEIGHT	ALTERNATIVES			
		A1	A2	A3	A4
REDUCTION OF QUALITY INDICATORS	5	0	3	4	4
REDUCTION OF TRANSPORTATION TIME	4	0	4	4	4
REDUCTION OF ACTIVITIES THAT NOT ADD VALUE	2	0	5	0	4
FINANCIAL RESULTS	3	5	5	1	4
AVOID FINES FROM ARCONEL	5	0	4	4	4
FACILITY IMPLEMENTATION	2	0	3	2	2
		15	78	66	80

Bajo este método se obtiene que la mejor opción es la alternativa 4, que consiste en la construcción de nuevos centros de atención integrados en cada una de las ciudades.

2.3.2 Evaluación del modelo

Para seleccionar el modelo con el que se determinará la cantidad y localización óptima de los nuevos centros integrados de atención, se procedió a realizar una matriz de decisión en la que se consideró: distancia recorrida, área de cobertura, flexibilidad, etc.

Se realizó una investigación de seis modelos diferentes, se le asignó un peso a cada uno de los criterios, y un peso a la relación que existe entre el modelo y el criterio. Los modelos de localización propuestos para el proyecto son:

- A. Min/Max
- B. Min/Sum
- C. Weber
- D. Centro de gravedad
- E. Máxima cobertura con restricción de distancia

Los resultados mostrados se muestran a continuación (Tabla 2.25):

Tabla 2.25 Matriz de decisión de modelos

EVALUATION CRITERIA	SCORE	OPTIONS					
		A	B	C	D	E	F
MAXIMUM COVERAGE	4	1	1	3	3	2	4
LOWER COST	3	1	1	2	2	2	2
CUSTOMER SERVICE	5	1	3	1	2	3	4
TRAVELED DISTANCE	3	3	5	1	1	3	4
COMPLEXITY	2	1	1	2	3	4	2
		23	39	30	37	46	58

Con las calificaciones obtenidas, se puede concluir que el modelo de localización más ocionado para este proyecto es "Modelo de localización de máxima cobertura con una restricción de transporte dada".

2.4 Diseño

Para esta etapa se realizó como primera instancia un plan de diseño, en el cual se determinó fecha inicial y final de la actividad a realizar, descripción de la actividad, herramientas usadas para el apoyo de realización de las actividades, costos y finalmente los responsables de ejecutar y validar dichas actividades.

En la Tabla mostrada a continuación, se detallan cada una de las actividades con dichas variables mencionadas previamente.

Tabla 2.26 Plan de diseño

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	RESPONSABLES	ESTADO DE VALIDACIÓN
13/07/19	21/07/19	Obtener las coordenadas de las fallas registradas en cada planta	GEOPORTAL	AE & BP	100%
21/7/19	23/7/19	Graficar los clústeres en función de la demanda de cada planta	STUDIO R	AE & BP	100%
21/7/2019	23/7/2019	Colocar las coordenadas de los clústeres en Google Maps	GOOGLE MAPS	AE & BP	100%
23/1/2019	25/7/2019	Formular el modelo de acuerdo con su función objetivo y restricciones	SOLVER	AE & BP	100%
25/7/2019	25/7/2019	Análisis de sensibilidad	SOLVER	AE & BP	100%
25/7/2019	27/7/2019	Priorización de alternativas	INTERVIEW AND E-MAIL	AE & BP	100%
27/7/2019	1/8/2019	Determinar el tamaño de la bodega	EXCEL	AE & BP	100%

2.4.1 Obtención de las coordenadas de las fallas registradas en cada planta

Se utilizó el portal web usado por la planta eléctrica para la obtención de las coordenadas de los puntos de fallas. Este geo portal muestra el mapa de Ecuador y los demás países con detalle sobre cada uno de los puntos o tramos eléctricos correspondientes a la empresa (i.e. tramos de líneas de baja, media y alta tensión, subestaciones, luminarias, postes, entre otros). Dado que en la etapa de medición se dio a conocer cada uno de los lugares de fallas especificados por provincia, sector, dirección y alimentador, se procedió a utilizar esta herramienta con el fin de generar coordenadas exactas de cada punto de falla. El proceso se realizó para todos los puntos de fallas correspondientes a las ciudades de Guayaquil, Milagro y Playas.

2.4.2 Determinación de clústeres en función de la demanda de cada planta

A partir de las coordenadas obtenidas previamente, se procedió a agrupar la demanda en clústeres particionales con el fin de hallar un punto medio por grupo de demanda. Fue posible identificar los clústeres de posterior uso en el modelo, mediante el software de programación Rstudio, véase código en Apéndice1.

Tabla 2.27 Puntos medios de clústeres

CLUSTER	LATITUDE	LENGHT
1	-2.1837	-79.9867
2	-2.1196	-79.5317
3	-2.4632	-80.2454
4	-2.2613	-79.8938
5	-2.5094	-79.5420
6	-2.0863	-79.9554

Se obtuvo que la cantidad óptima para agrupar la demanda correspondan a 6 clústeres y los puntos medios obtenidos por cada clúster se muestran en la Tabla 2.27. Por otro lado, se utilizaron las librerías stats, cluster, FactoMineR, ggplot2 y factoextra para graficar los clústeres obtenidos (véase código en Apéndice1) y apreciar visualmente los resultados (ver Ilustración 2.10).

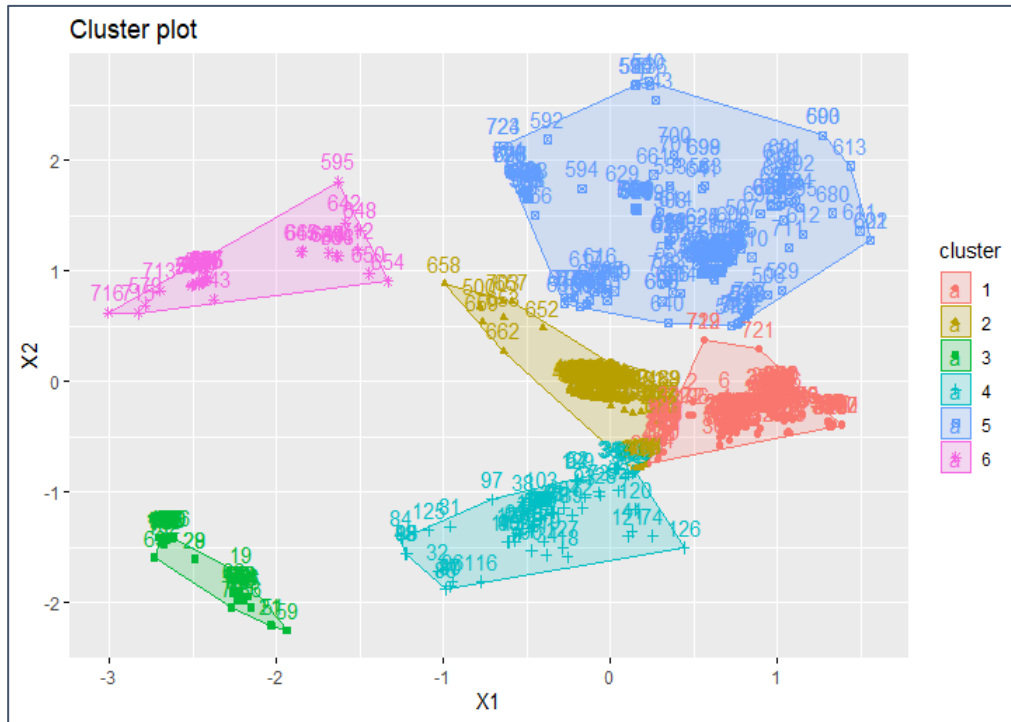


Ilustración 2.10 Agrupación de clústeres

2.4.3 Colocación de las coordenadas de los clústeres en Google Maps

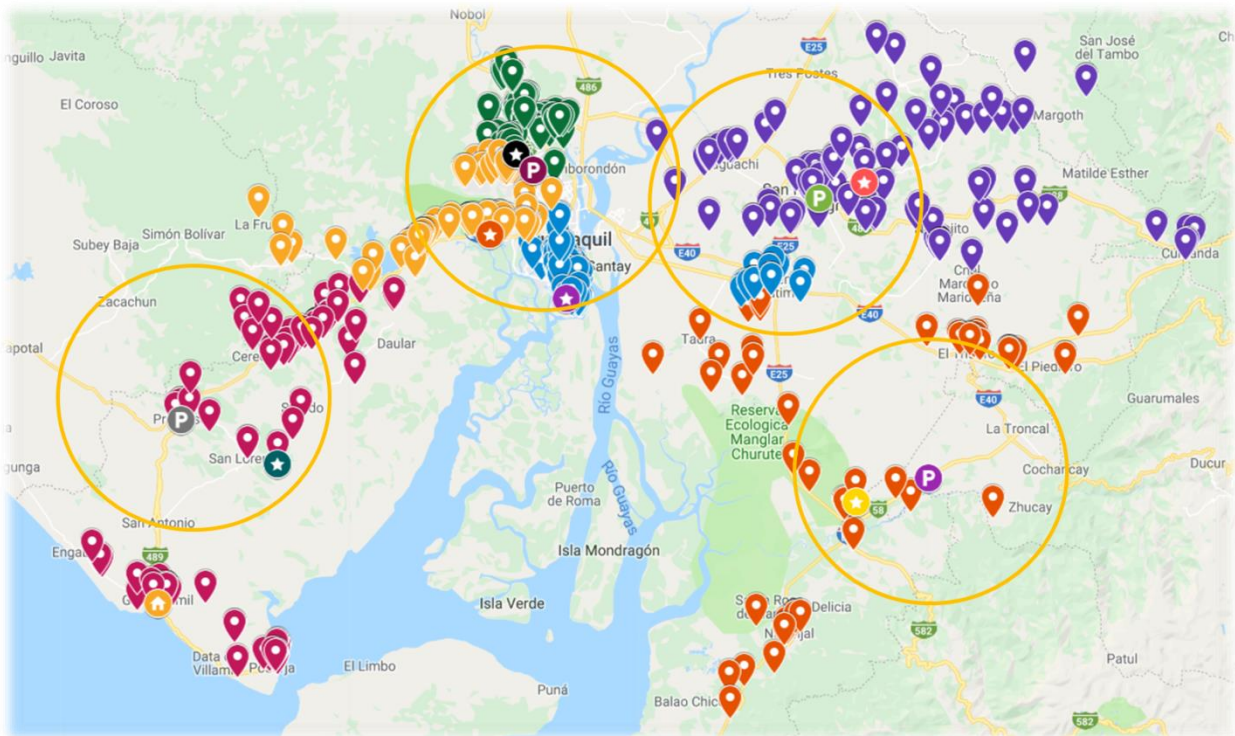


Ilustración 2.11 Agrupación de clústeres en Google My maps

Se realizó esta actividad con el fin de obtener una mejor visualización de los clústeres obtenidos en el mapa real de las ciudades, y así poder agrupar de mejor forma los puntos de fallas atendidos por las plantas actuales. La Ilustración 2.11 muestra los clústeres obtenidos. En la Ilustración anterior, los clústeres de color naranja y morado pertenecen a la ciudad de Milagro, los clústeres de color verde, celeste y amarillos pertenecen a la ciudad de Guayaquil, y el clúster de color fucsia pertenece a la ciudad de Playas. Los círculos representan la cobertura de demanda que abarcan las plantas funcionando actualmente, considerando un radio de cobertura de 10km. Se aprecia que las ciudades de Milagro y Playas cuentan con un número significativo de fallas totalmente alejadas de las plantas actuales, y por ello se justifican los elevados valores de TTIK y tiempos de transporte en estas ciudades. En el caso de Guayaquil, la demanda se encuentra más concentrada.

2.4.4 Formulación del modelo de acuerdo con su función objetivo y restricciones

El modelo que mejor se acomoda a la necesidad de la empresa corresponde al “Modelo de localización de máxima cobertura con una distancia/tiempo restringida”. Para su formulación, se debe establecer en primera instancia la cantidad máxima de centros de atención integrados a abrir según necesidades de la empresa, el tiempo máximo permisible para acudir a una falla y todos los puntos de posibles localizaciones dentro las ciudades de estudio en los que los centros de atención podrían construirse. Como datos de entrada, el modelo necesita las coordenadas de puntos medios obtenidos de los clústeres generados previamente, así como las coordenadas de todas las nuevas posibles localizaciones.

El modelo de localización se detalla a continuación:

Parámetros:

i, I índice y conjunto de los puntos de demanda.

j, J índice y conjunto de las localizaciones potenciales para las instalaciones.

$N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$ el conjunto de localizaciones potenciales que pueden cubrir al punto i dentro del tiempo o distancia S , d_{ij} es la distancia entre el punto i y la ubicación potencial j para la instalación.

S tiempo o distancia máxima establecida para responder a una demanda

p número fijo de instalaciones a localizar.

w_i valor que representa la demanda asociado al punto i .

x_j 1 si una instalación es ubicada en la localización j , 0 en otro caso.

y_i representa la cobertura del punto i , 1 si está cubierto ($\exists j \mid x_j = 1 \ X_j \in N_i$), 0 en otro caso

Variables de decisión:

$x_j: \begin{cases} 1, & \text{Si la planta se coloca en la localización } j \\ 0, & \text{si no} \end{cases}$

$y_i: \begin{cases} 1, & \text{Si el punto } i \text{ es cubierto} \\ 0, & \text{si no} \end{cases}$

Función objetivo:

$$\max Z = \sum_{i \in I} w_i y_i$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad ; \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p$$

$$y_i = 1$$

$$x_j = \{0,1\} \quad ; \quad \forall j \in J$$

$$y_i = \{0,1\} \quad ; \quad \forall i \in I$$

El modelo se resolvió empleando la herramienta Solver de Microsoft Excel. Como resultado, se obtuvo que, para cubrir la mayor cantidad de demanda, la cantidad óptima de centros integrados de atención para abrir son 4: 1 en Guayaquil en el sector industrial Daule, 1 en Posorja-Playas, y finalmente 2 plantas en Milagro (1 en el sector norte de San Francisco de Milagro y 1 a 10km de la Troncal).

La Ilustración 2.12 muestra cómo se cubre la demanda de atención de fallas si se considera la construcción de los 4 centros integrados de atención. Los nuevos centros integrados cubrirían las zonas marcadas por el círculo con bordes amarillos, como se puede observar, estos centros cubrirían puntos de fallas totalmente alejados de las actuales plantas.

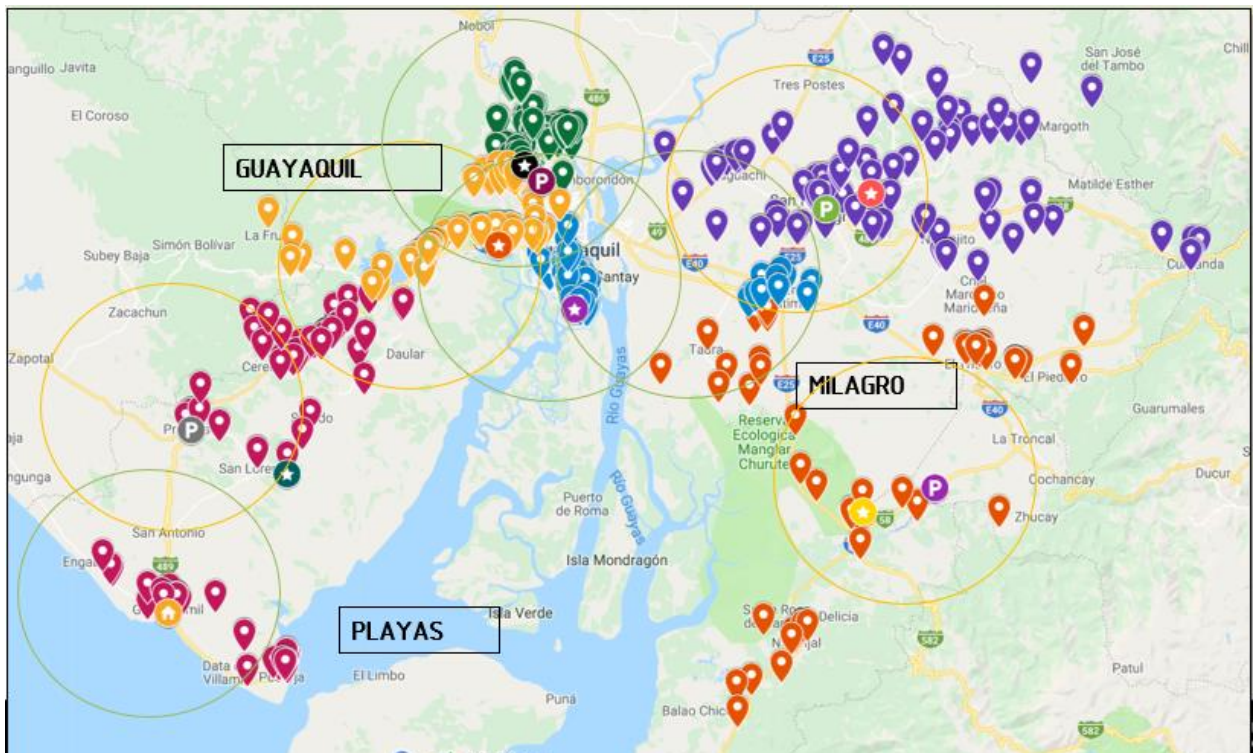


Ilustración 2.12 Demanda cubierta por clústeres

2.4.5 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se lo realizó con el número de centros integrados de atención igual a 2,3,4 y 5 con un radio de cobertura de 15-20 kilómetros correspondientes a 20-25 minutos. Los Gráficos 2.6 y 2.7 resumen la evaluación del porcentaje de demanda cubierta. Se evaluaron las diferentes alternativas con el fin de determinar la alternativa que más beneficie a la empresa según sus necesidades.

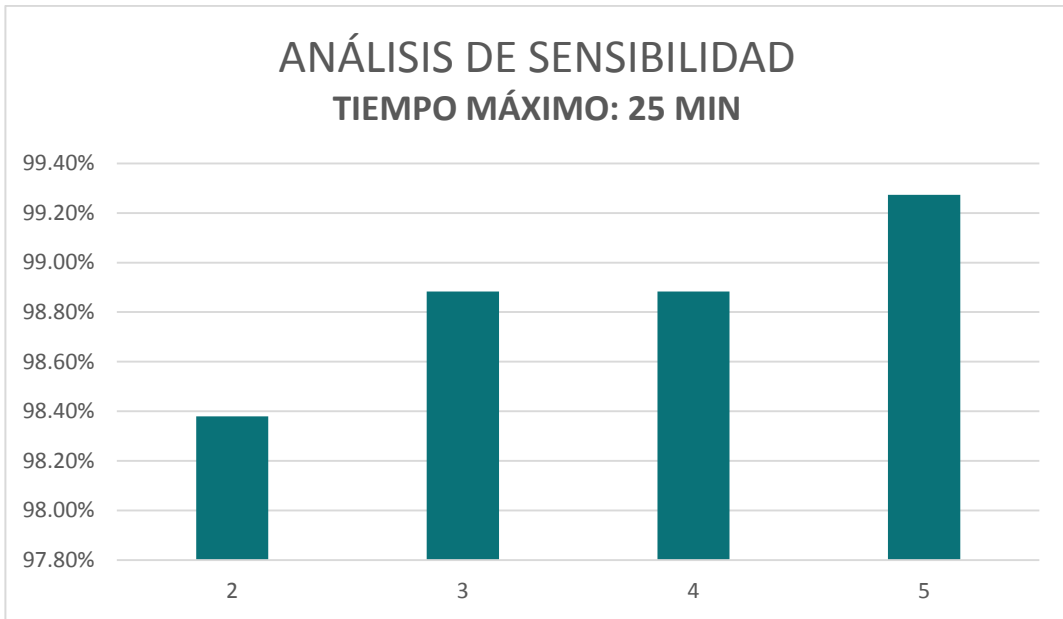


Gráfico 2.6 Análisis de sensibilidad con tiempo de 25 minutos

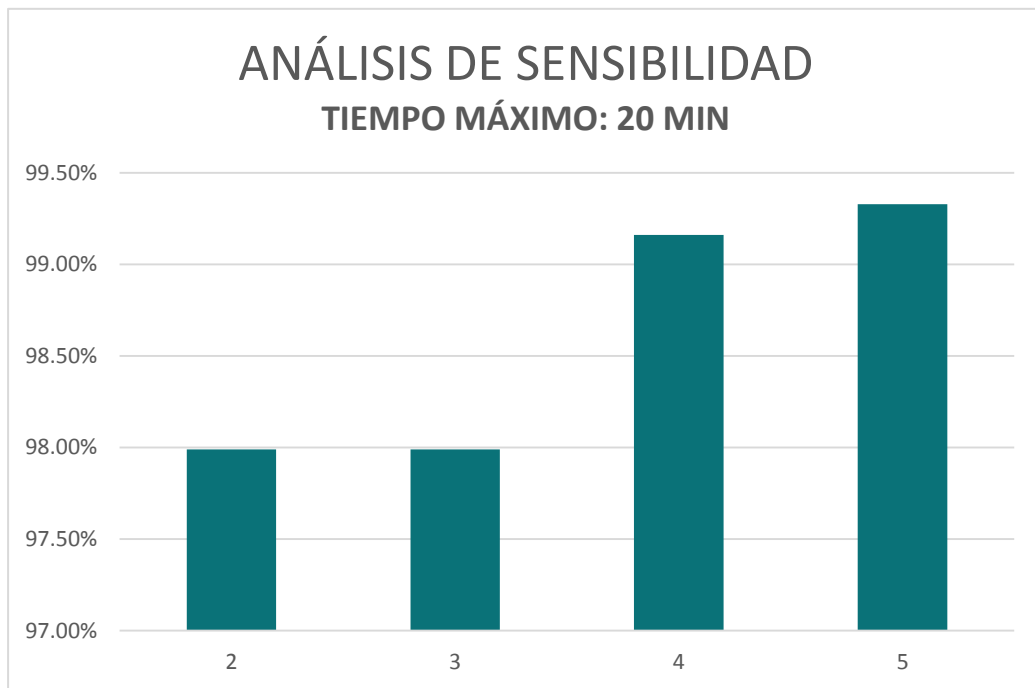


Gráfico 2.7 Análisis de sensibilidad con tiempo de 20 minutos

Tabla 2.28 Comparación de alternativas evaluadas en el análisis de sensibilidad

	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD							
	#1	#2	#3	#5	#6	#7	#8	#9
# DE PLANTAS	2	3	4	5	2	3	4	5
TIEMPO RECORRIDO	20	20	20	20	25	25	25	25
PORCENTAJE DE COBERTURA	97,99%	97,99%	99,16%	99,33%	98,38%	98,88%	98,88%	99,27%
PLANTAS PARA ABRIR	10,14	1,10,14	1,3,10,14	1,3,10,11,14	10,14	1,10,14	1,3,10,14	1,3,10,11,14

Considerando las restricciones del cliente, en este caso, que el tiempo máximo permisible para llegar a un punto de falla no sea mayor a 13 minutos, se evaluó el análisis de sensibilidad con 2, 3, 4 y 5 centros integrados de atención. Como resultado final se obtuvo que, si la empresa decide construir únicamente 1 o 2 centros integrados, el valor de demanda cubierto sería del 97%, mientras que al construir un centro integrado de atención más—tal como se decidió en la etapa de análisis financiero—la demanda cubierta aumentaría a 99%. Así mismo, se hizo el análisis de sensibilidad con 5 centros integrados y se determinó que no hay mayor incremento en comparación con la construcción de 4 centros integrados. Por tal razón, se decidió junto al equipo de la empresa eléctrica que la mejor opción para la empresa sería la implementación de 4 nuevos centros de atención integrados.

2.4.6 Determinación del tamaño de la bodega

Para determinar el tamaño de la bodega, en primera instancia, se generó un reporte en el programa utilizado por la empresa eléctrica, donde se indica el stock y todos los movimientos realizados en el transcurso del año, según la bodega de interés. Para el caso de este proyecto, se obtuvo el reporte de la bodega de Guayaquil, desde el 1 de enero del 2018 hasta el 31 de diciembre del 2018. Los elementos de información que contiene el reporte son:

- Bodega
- Nombre de la bodega
- Ítem

- Nombre
- Stock inicial
- Ingresos del periodo
- Egresos del periodo
- Stock del periodo
- Stock final

Con esta información, se procedió a calcular la rotación del inventario (Ecuación 2.5), así como la demanda total anual. Después, se realizó un análisis de Pareto, con el fin de estratificar los datos y poder trabajar únicamente con los materiales de mayor consumo. Los valores obtenidos se detallan en la sección Anexos1.

Para calcular la rotación de inventario, se consideró únicamente el valor de egresos del material, ya que este valor corresponde al valor de stock consumido, junto con el inventario promedio del material. El inventario promedio se lo calculó utilizando la fórmula descrita en la Ecuación 2.6.

$$\text{inventario promedio} = \frac{i. inicial + i. final}{2}$$

Ecuación 2.5 inventario promedio

Finalmente, se obtiene la rotación de inventario con la ecuación 2.6.

$$\text{rotación de inventario} = \frac{\text{consumo anual}}{\text{inventario promedio}}$$

Ecuación 2.6 Rotación de inventario

Para el diseño y layout del centro integrado de atención, se realizó un modelo propio, el cual consiste en determinar las dimensiones de una bodega según la demanda, volumen de materiales y utilización de espacio.

Para ello es necesario contar con un factor de conversión, el cual permita transformar la demanda de unidades a m², y para la obtención de este factor de conversión como primera instancia se procedió a determinar el volumen de cada uno de los materiales almacenados y se los consolidó en un fichero considerando información como presentación forma de almacenamiento, medidas, etc. (ver Tabla 2.29).

Tabla 2.29 Formato de registro de materiales

ITEM	NOMBRE	Material					Almacenamiento			Tipo de almacenamiento	
		Presentación		Presentación			Forma de almacenamiento	Unidades	Medidas		
		Forma	Unidades	Largo	Ancho	Alto			Largo		Ancho

Para optimizar recursos, se agrupó los materiales en distintas categorías según las características del producto; se obtuvieron 5 categorías de materiales.

Dentro de la categoría 1, se encuentran todos los materiales cuya forma de almacenamiento es en rollo, es decir, todo tipo de cableado usado por la empresa, en diferentes tamaños.

Dentro de la categoría 2, se encuentran todos los materiales cuyo tipo de almacenamiento es en cajas pequeñas colocadas en sus respectivas estanterías. Para esta categoría el volumen de los materiales no sobrepasa los 150 cm³.

Dentro de la categoría 2.1, están los materiales con las mismas descripciones que la categoría 2, pero con medidas de volumen entre los 150 y 600 cm³.

Dentro de la categoría 2.2, están todos los materiales con las mismas descripciones que la categoría 2, pero con medidas de volumen mayores a 600 cm³.

En la categoría 3, se encuentran todos los materiales cuya forma de almacenamiento es pallets.

En la categoría 4, se encuentran todos los materiales cuya forma de almacenamiento es en cajas colocadas en racks, y su medida de volumen no sobrepasa los 100 cm³, es decir, en esta categoría están los materiales más pequeños de la bodega.

Finalmente, en la categoría 5 se han asignado todos los materiales almacenados en gavetas, cuyo volumen supera los 100 cm³.

La Tabla 2.30 resume los datos de demanda en m³, por categoría.

Tabla 2.30 Demanda en m³

Demanda	Demand in m3								
	Category 1	Category 1.1	Category 2	Category 2.1	Category 2.2	Category 2.3	Category 3	Category 4	Category 5
1038	128.59	107.52	615.34	0.0128	3707.49	1029.7	0.3364	906.46	302.95
TOTAL	128.59	107.52	615.34	0.01	3707.49	1029.70	0.34	906.46	302.95

Para calcular el espacio de almacenamiento de los materiales, se consideró el porcentaje de utilización de las estanterías, porcentaje de variabilidad de los materiales, rotación de inventario y altura máxima en la que los materiales se pueden almacenar. Cada uno de estos factores se detalla según su categoría en la Tabla 2.31.

Dado que las estanterías usadas en la empresa son de tipo convencionales, se consideró un porcentaje de utilización del piso del 50%—equivalente al espacio que ocuparían las estanterías en la bodega en cuanto al volumen cúbico de materiales a almacenar.

Tabla 2.31 Datos de los materiales según sus categorías

Por categoría 1 (Bobinas de cables)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	100.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4.5	m

Por categoría 1.1 (Bobinas pequeñas de cables)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	100.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4.5	m

Por categoría 2 (Estanterías-cajas)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	50.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Por categoría 2.1 (Estantería-racks)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	50.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Por categoría 2.2 (Estanterías-unidad)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	50.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Por categoría 2.3 (Estanterías-unidad)		
Rotación de inventario	9	Mensual
% Utilización	50.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Por categoría 3 (Estanterías-pallets)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	50.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	5	m

Por categoría 4 (Racks-cajas)		
Rotación de inventario	3	Mensual
% Utilización	40.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Por categoría 5 (Suelo-gavetas)		
Rotación de inventario	2	Mensual
% Utilización	70.00%	De pasillos
% Variabilidad	70.00%	utilidad
Altura	4	m

Se calculó el factor de conversión para obtener el valor del espacio para almacenar la demanda dividiendo la unidad para cada una de las variables (Ecuación 2.7).

$$\text{Factor de conversión} = \frac{1}{IR} + \frac{1}{\% \text{ utilizacion}} + \frac{1}{\% \text{ variabilidad}} + \frac{1}{altura}$$

Ecuación 2.7 Factor de conversión

Después, se multiplicó el valor de la demanda según su categoría por el factor de conversión obtenido previamente. La demanda está expresada en volumen (m³), y como resultado final queda en m² (Tabla 2.32).

Tabla 2.32 Demanda en m² almacenada

DEMANDA EN M2									
SPACE NEEDED (C1)	SPACE NEEDED (C1.1)	SPACE NEEDED (C2)	SPACE NEEDED (C2.1)	SPACE NEEDED (C2.2)	SPACE NEEDED (C2.3)	SPACE NEEDED (C3)	SPACE NEEDED (C4)	SPACE NEEDED (C5)	TOTAL SPACE NEEDED
20.41	17.07	219.76	0.00	1,324.10	81.72	0.10	269.78	77.28	2,010.23

Sumando el espacio requerido por cada una de las categorías, se obtiene como resultado que el tamaño del centro integrado de atención es de aproximadamente 2019 m².

Finalmente, se procedió a calcular el tamaño de los centros integrados de atención para cada una de las ciudades según su demanda.

El tamaño de los centros integrados de atención para cada una de las ciudades se muestra en las Tablas 2.33-2.36.

➤ BODEGA DE GUAYAQUIL

Tabla 2.33 Tamaño de la bodega de Guayaquil

ESPACIO (C1.1)	ESPACIO (C2)	ESPACIO (C2.1)	ESPACIO (C2.2)	ESPACIO (C2.3)	ESPACIO (C3)	ESPACIO (C4)	ESPACIO (C5)	TOTAL ESPACIO
3.95	50.81	0.00	306.15	18.90	0.02	62.38	17.87	464.79

➤ BODEGA DE MILAGRO

Tabla 2.34 Tamaño de la bodega de Milagro 1

ESPACIO (C1)	ESPACIO (C1.1)	ESPACIO (C2)	ESPACIO (C2.1)	ESPACIO (C2.2)	ESPACIO (C2.3)	ESPACIO (C3)	ESPACIO (C4)	ESPACIO (C5)	TOTAL ESPACIO
2.89	2.42	31.12	0.00	187.52	11.57	0.01	38.21	10.94	284.69

➤ BODEGA DE MILGRO

Tabla 2.35 Tamaño de la bodega de Milagro 2

ESPACIO (C1)	ESPACIO (C1.1)	ESPACIO (C2)	ESPACIO (C2.1)	ESPACIO (C2.2)	ESPACIO (C2.3)	ESPACIO (C3)	ESPACIO (C4)	ESPACIO (C5)	TOTAL ESPACIO
1.42	1.18	15.24	0.00	91.85	5.67	0.01	18.71	5.36	139.44

➤ BODEGA DE PLAYAS

Tabla 2.36 Tamaño de la bodega de Playas

ESPACIO (C1)	ESPACIO (C1.1)	ESPACIO (C2)	ESPACIO (C2.1)	ESPACIO (C2.2)	ESPACIO (C2.3)	ESPACIO (C3)	ESPACIO (C4)	ESPACIO (C5)	TOTAL ESPACIO
2.18	1.83	23.50	0.00	141.59	8.74	0.01	28.85	8.26	214.97

Por último, se calculó el tamaño total de los centros integrado de atención considerando las demás áreas necesarias (ver Tabla 2.37).

Tabla 2.37 Dimensiones de áreas de la bodega

ÁREA	LARGO	ANCHO	M ²
Zona de recepción y despacho	3.23	3.81	12.30
Oficina de bodega	6	4.66	27.96
Garita	2	2	4
Parqueadero	30	30	900
Baños	1.25	1.25	1.56
Sala de reuniones	4.48	4.69	21.01
TOTAL			966.84

Los resultados de dimensiones para los nuevos centros integrados de atención se resumen en la Tabla 2.38.

Tabla 2.38 Dimensiones de los centros integrados de atención

CENTRO INTEGRADO DE ATENCIÓN	ALMACEN	TOTAL (m ²)
GYE	465	1432
MILAGRO	285	1252
MILAGRO	139	1106
PLAYAS	215	1182

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez determinado el tamaño de los centros de atención integral y su respectiva localización, se procedió a realizar el layout de los mismos. Para llevar a cabo esta actividad se obtuvieron las siguientes consideraciones:

1. El diseño de los centros integrados de atención será el mismo para las cuatro localizaciones a abrir, de acuerdo con los resultados arrojados en el modelo de optimización. Los tamaños por variar serán los de las bodegas para almacenamiento de los materiales y equipos necesarios para atender las fallas.
2. Para determinar la mejor ubicación de todos los departamentos que se tendrán dentro de los centros integrados de atención, se utilizó como referencia el diseño actual de la bodega de materiales y repuestos que tiene actualmente la empresa.
3. Las restricciones de diseño establecidas en la etapa primera etapa del proyecto se cumplen.

3.1 Layout

En el Gráfico 3.1 se muestra el layout diseñado para los nuevos centros integrados de atención.

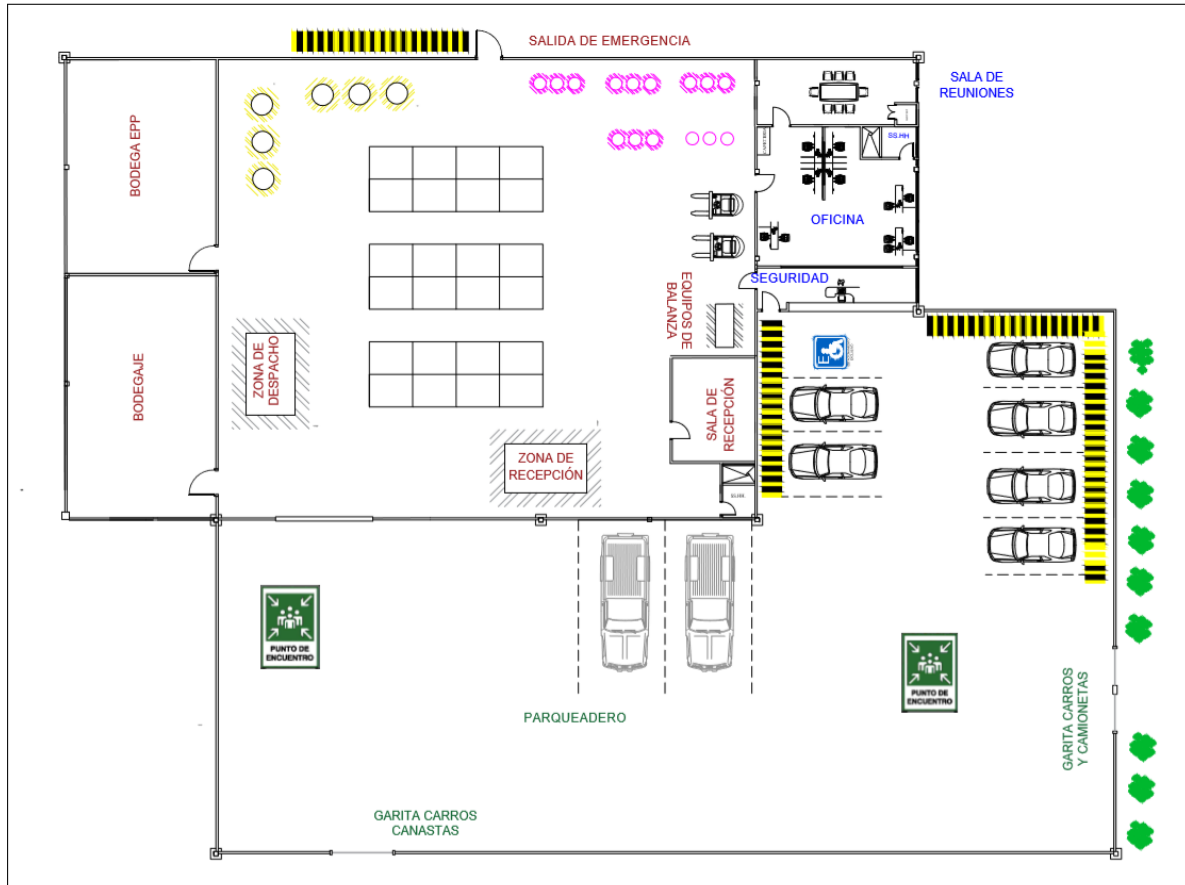


Gráfico 3.1 Planta baja de la empresa

Se puede evidenciar que se consideró todos los departamentos necesarios para los centros, además de puntos de encuentro, salidas de emergencia, paso peatonal, zonas de recepción y despacho y dos garitas, una para el ingreso de vehículo del personal administrativo y operativo y camionetas de la empresa, y la segunda garita para el ingreso de carros canastas.

3.1.1 Dimensiones por departamento

- Bodega de almacenamiento de materiales y equipos para atención de fallas.

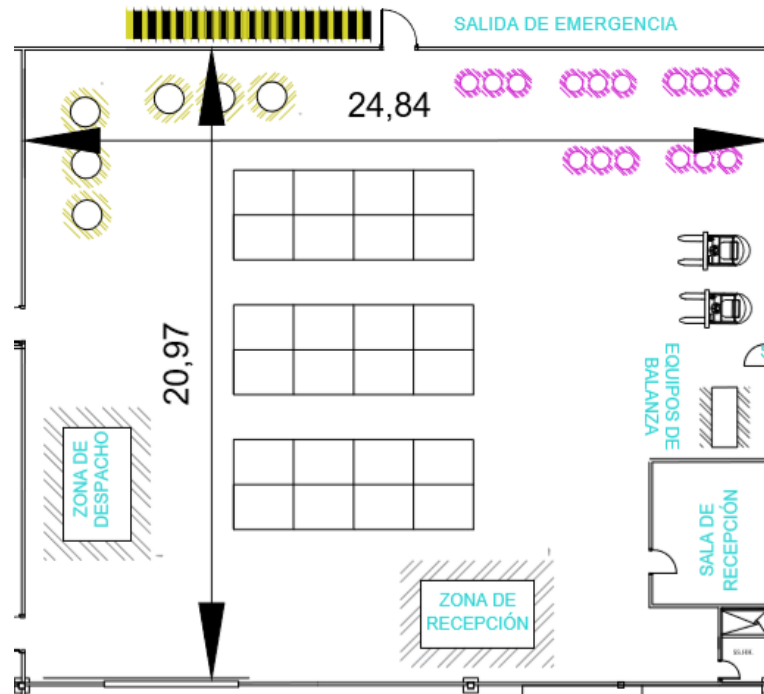


Gráfico 3.2 Dimensiones en metros de la bodega

- Departamentos administrativos: Seguridad, oficinas administrativas y sala de reunión.

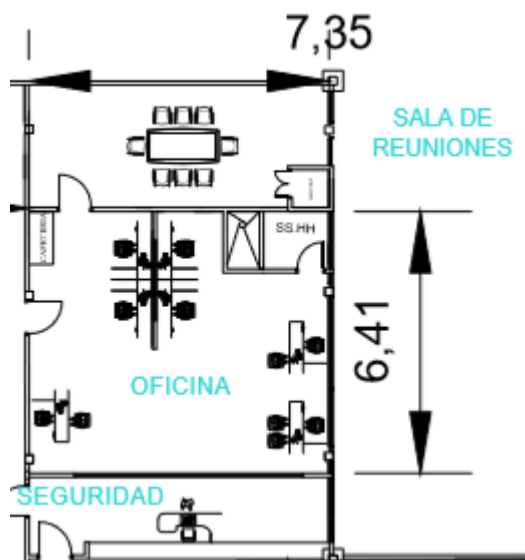


Gráfico 3.3 Dimensiones en metros de la sala de reuniones

- Parquadero: Vehículos del personal administrativo, camionetas y carros canasta de la empresa.

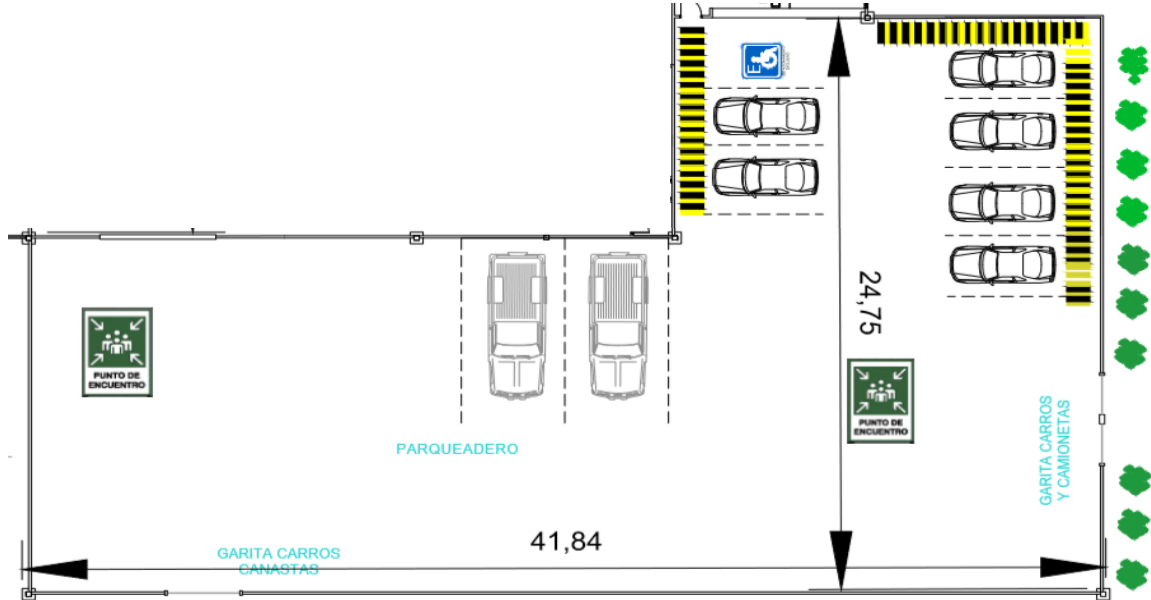


Gráfico 3.4 Dimensiones en metros del parqueadero

3.2 Cumplimiento restricciones de diseño

- “Parqueaderos deben tener espacio para dos carros canasta con 8m de largo, 2m de ancho y 18m de altura”

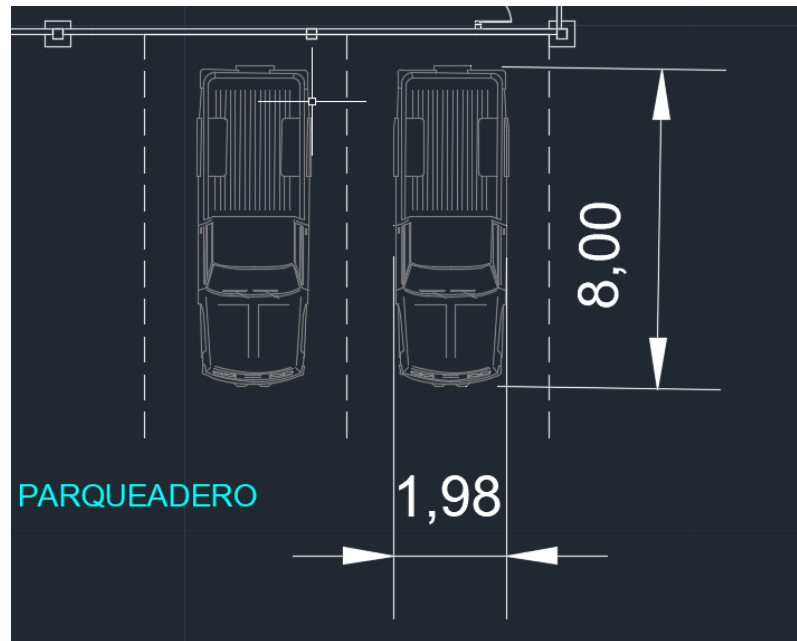


Gráfico 3.5 Dimensiones en metros de las camionetas

- “Parqueaderos deben tener espacio para el parqueo de camionetas que tienen 4.33m de largo y 1.80m de ancho”

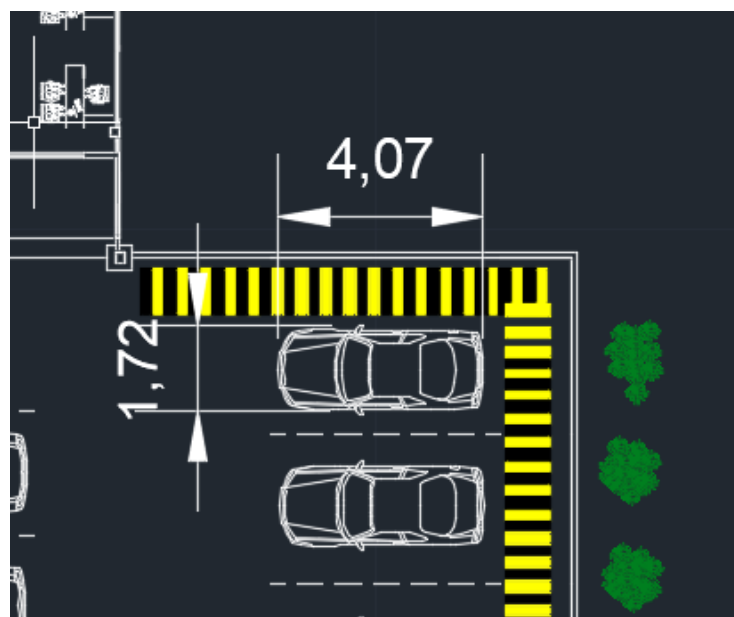


Gráfico 3.6 Dimensiones en metros de autos

- “Los centros integrados de atención deben ser localizadas en lugares que sean accesibles”



Gráfico 3.7 Localidades de los centros integrados de atención

3.3 Resultados generados con la implementación de los nuevos centros integrados de atención

Para obtener los resultados que se conseguirían con la implementación de los nuevos centros integrados de atención, fue necesario determinar las nuevas distancias recorridas y los tiempos de transporte, de los nuevos puntos de demanda, que fueron estratificados y agrupados en 6 diferentes clústeres, a las nuevas localizaciones.

Para esto se utilizó un algoritmo desarrollado en Python para el cálculo de la matriz de distancias de los nuevos puntos de demanda a los nuevos puntos de atención. Además, fue necesario el uso de la API de Google Maps para la obtención de los dos resultados esperados: los kilómetros recorridos y los minutos empleados por tiempos de transporte.

A partir de ello fue posible visualizar nuevos tiempos interrupción, nuevos tiempos de transportes, total de distancia recorrida y finalmente los cambios en el indicador de calidad TTIK, que se generaron debido a los cambios en los métricos anteriormente mencionados.

Reducciones generadas

3.3.1 Tiempos de interrupción

Se calculó el promedio de los tiempos de interrupción actuales y el promedio de los nuevos tiempos de interrupción de las tres ciudades, Playas, Guayaquil y Milagro. Los resultados obtenidos fueron la reducción en un 19.08%, 5.26% y 16.43% de los tiempos de interrupción actuales de la ciudad de Playas, la ciudad de Guayaquil y la ciudad de Milagro respectivamente. A continuación, se muestra las reducciones en el Gráfico 3.8.

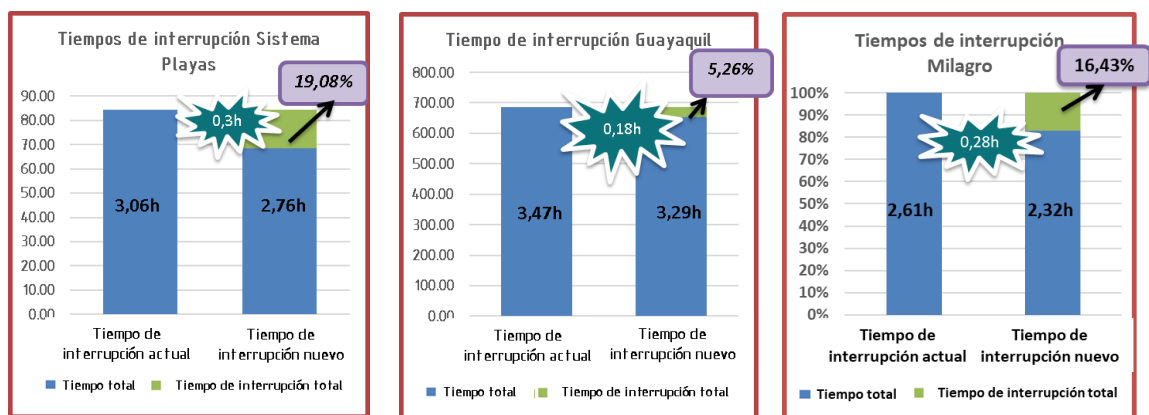


Gráfico 3.8 Reducciones obtenidas en tiempos de interrupción

Estos porcentajes de reducción equivalen a 18 min, 11 min y 17 min en promedio para Playas, Guayaquil y Milagro respectivamente. Finalmente, se realizó un gráfico de barra con los tiempos de interrupción de los meses reportados en el 2018 hasta abril del 2019 y los nuevos tiempos de interrupción como resultado del diseño. (Ver Gráfico 3.9 – 3.11)

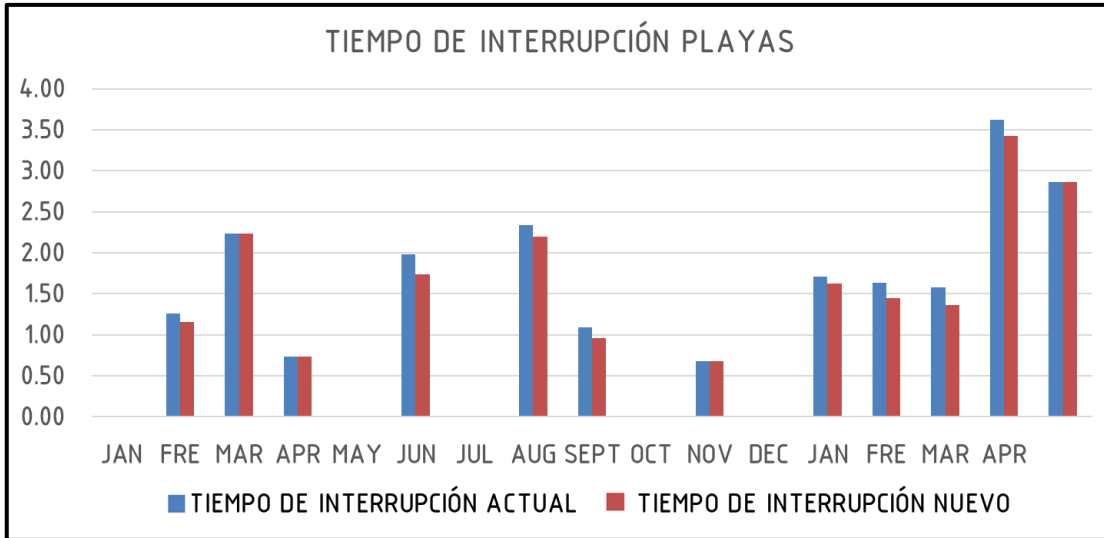


Gráfico 3.9 Tiempo de interrupción de Playas en horas

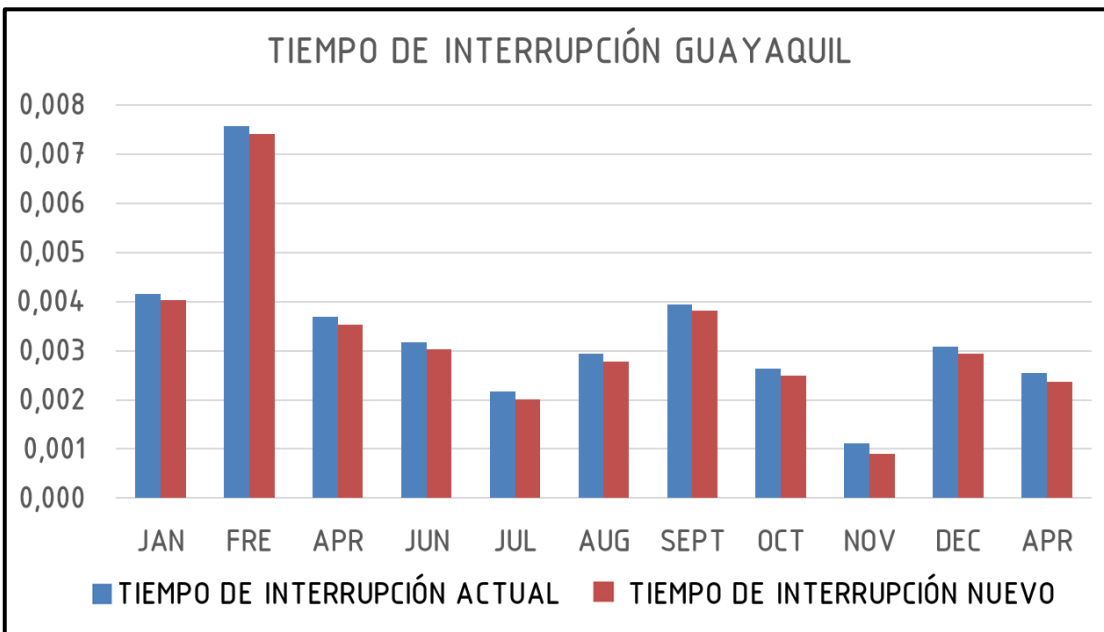


Gráfico 3.10 Tiempo de interrupción de Guayaquil en horas

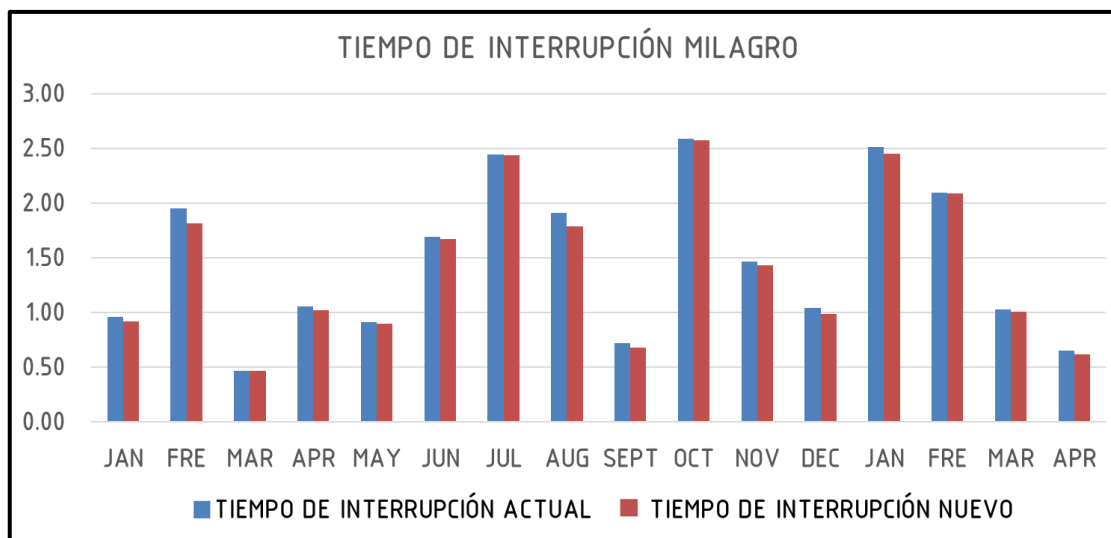


Gráfico 3.11 Tiempo de interrupción de Milagro en horas

3.3.2 Tiempos de transporte

La matriz de distancia obtenida de la programación en Python, se obtuvieron los tiempos de transporte de las plantas actuales a los puntos de fallas y de las nuevas localizaciones a los puntos de fallas. A partir de ello se pudo realizar la comparación entre los promedios de transporte actual y los tiempos de transporte nuevos. Los tiempos de transporte actualmente equivalen en promedio a 19 min, 41 min y 33 min para Guayaquil, Milagro y Playas respectivamente. Con la implementación de los nuevos centros de atención se redujeron a 15 min, 26 min, 23 min para Guayaquil, Milagros y Playas. A continuación, se muestra el gráfico de barras para visualizar las reducciones de los meses de enero del 2018 hasta abril del 2019 (Gráficos 3.12 – 3.14).

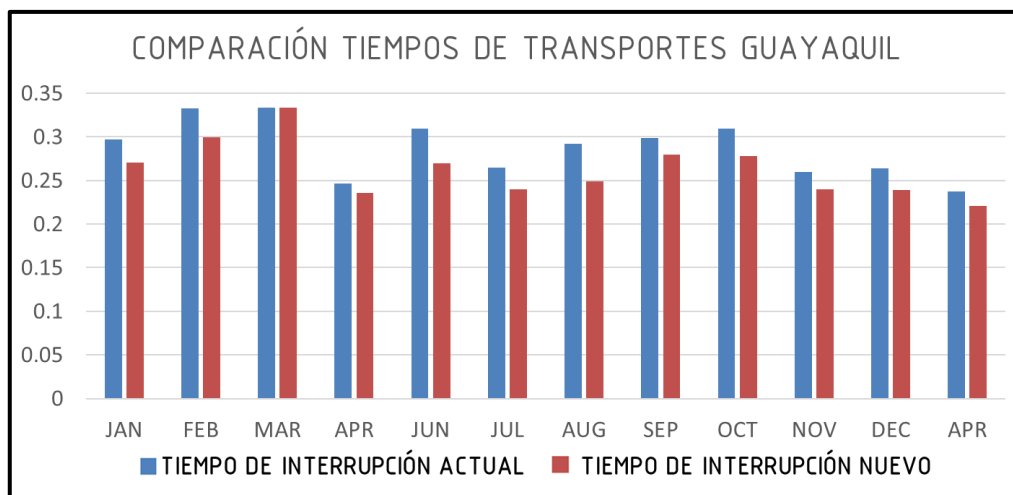


Gráfico 3.12 Comparación tiempos de transporte en horas para Guayaquil

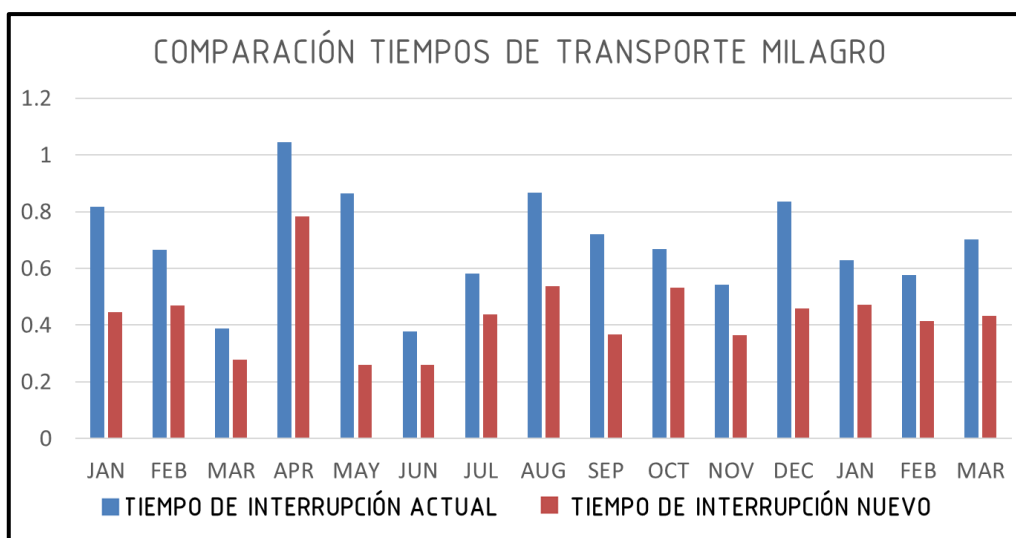


Gráfico 3.13 Comparación tiempos de transporte en horas para Milagro

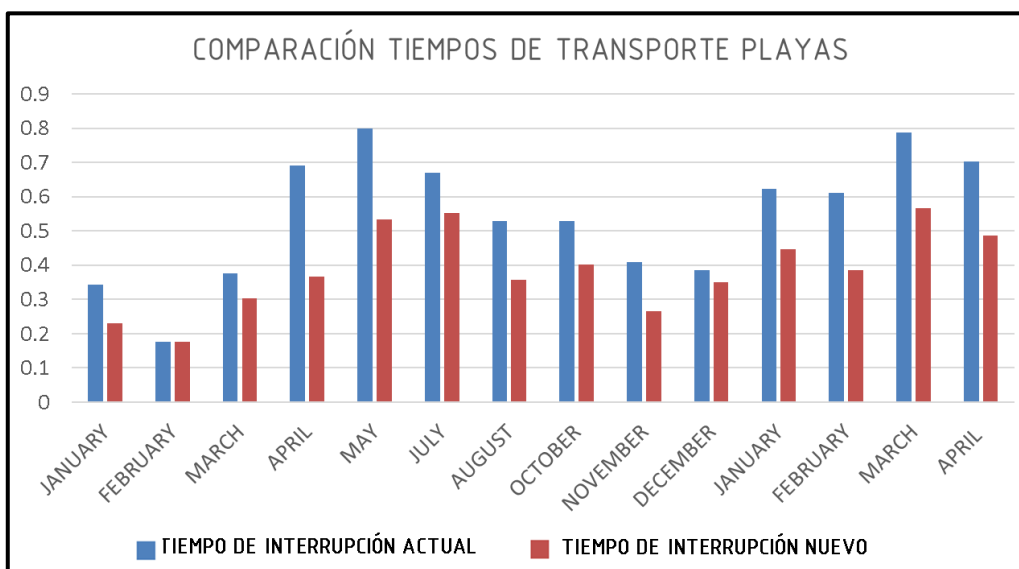


Gráfico 3.14 Comparación tiempos de transporte en horas para Playas

3.3.3 Distancia recorrida

En la siguiente gráfica se muestra la reducción para las distancias recorridas, donde el eje vertical representa el total de las distancias recorridas en kilómetros durante el año 2018, y el eje horizontal las ciudades. Se puede observar que el recorrido de distancias disminuye significativamente para las tres ciudades, el 57.38% para Playas, 34.14% para Guayaquil y 53.67% para Milagro. (Ver Gráfico 3.15)

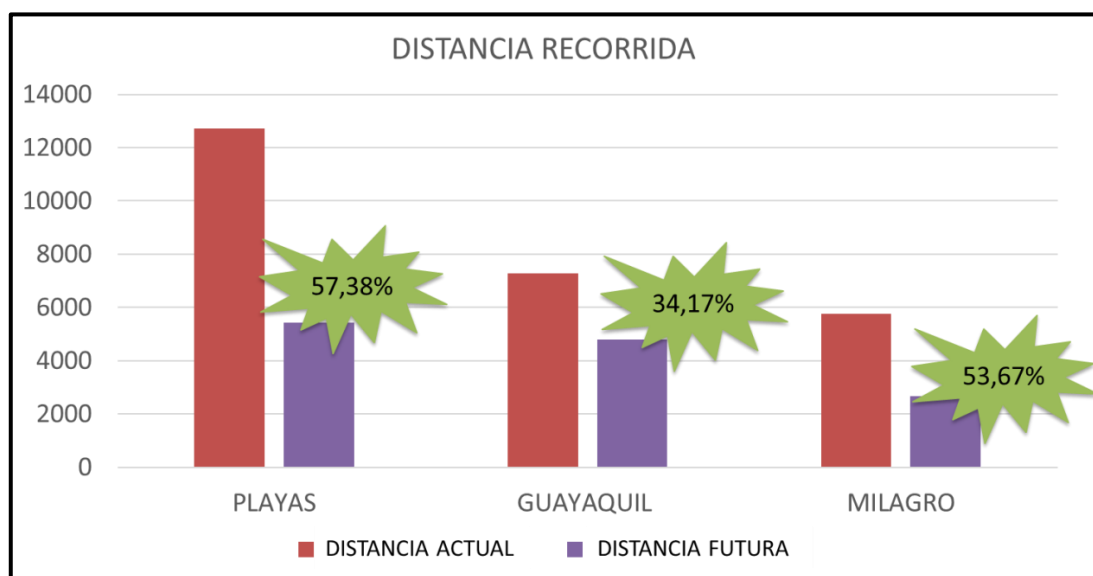


Gráfico 3.15 Distancias Recorridas en km en el año 2018

3.3.4 Consumo de gasolina

Una vez obtenidas el total de las distancias a reducir, fue posible estimar la reducción del gasto por consumo de gasolina. El total de km a reducir es de 12884.27 al año, se detalla en la siguiente Tabla 3.1 por ciudad.

Tabla 3.1 Reducción del consumo de gasolina por distancia recorrida

REDUCCIÓN CONSUMO DE GAS POR DISTANCIA RECORRIDA							
CIUDADES	KM/AÑO	N° CAMIONETAS	N° CARROS CANASTA	KM/AÑO CAMIONETA	KM/AÑO CARRO CANASTA	TOTAL KM POR CAMIONETAS	TOTAL KM POR CARRO CANASTA
MILAGRO	2489.85	25	8	1742.90	746.95	43572.38	5975.64
PLAYAS	3091.44	25	8	2164.01	927.43	54100.13	7419.45
GUAYAQUIL	7302.98	40	15	5112.09	2190.89	204483.52	32863.42

Se puede observar que se consideró el número de camionetas y carros canastas que se tienen en cada una de las plantas actuales de las tres ciudades, con ello fue posible calcular los km/año a reducir en cada sitio y por cada tipo de vehículo.

Posteriormente, se estableció la utilización que tienen los vehículos dentro de cada planta estas ponderaciones fueron del 70% para camionetas y el 30% para carros canastas.

Se obtuvo la distancia recorrida total en un año para las camionetas y carros canastas. Por consiguiente, se procedió a obtener los galones totales de gasolina a utilizar por el total de km recorridos. Es importante mencionar que se determinó trabajar con la siguiente información: Las camionetas recorren 35km/galón de gas y los carros canasta recorren 50km/galón y el precio de la gasolina al momento es de \$2.75/galón. En la siguiente Tabla 3.2 se muestra los resultados obtenidos en cada operación. En total son \$26'285.05 en ahorro por consumo de gasolina.

Tabla 3.2 Total de ahorro por consumo de gasolina

VEHICULO	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA	GALONES POR DISTANCIA RECORRIDA	PRECIO DEL GALON DE GAS	PRECIO TOTAL POR EL CONSUMO DE GAS
CAMIONETAS	302156.03	8633.03	\$ 2.75	\$ 23,740.83
CARROS CANASTAS	46258.51	925.17	\$ 2.75	\$ 2,544.22
			TOTAL	\$ 26,285.05

3.3.5 Indicador de calidad: TTIK

Dado a las reducciones obtenidas en los tiempos de interrupción, fue posible calcular los nuevos valores para el indicador de calidad TTIK en Playas y Milagro, se obvió Guayaquil debido a que como esta ciudad se encuentra dentro de los límites permisibles, las reducciones en el indicador de calidad no fueron significativas. En los siguientes gráficos es posible visualizar a que nivel bajan los valores en comparación a como se encuentran actualmente. (Ver Gráfico 3.16)

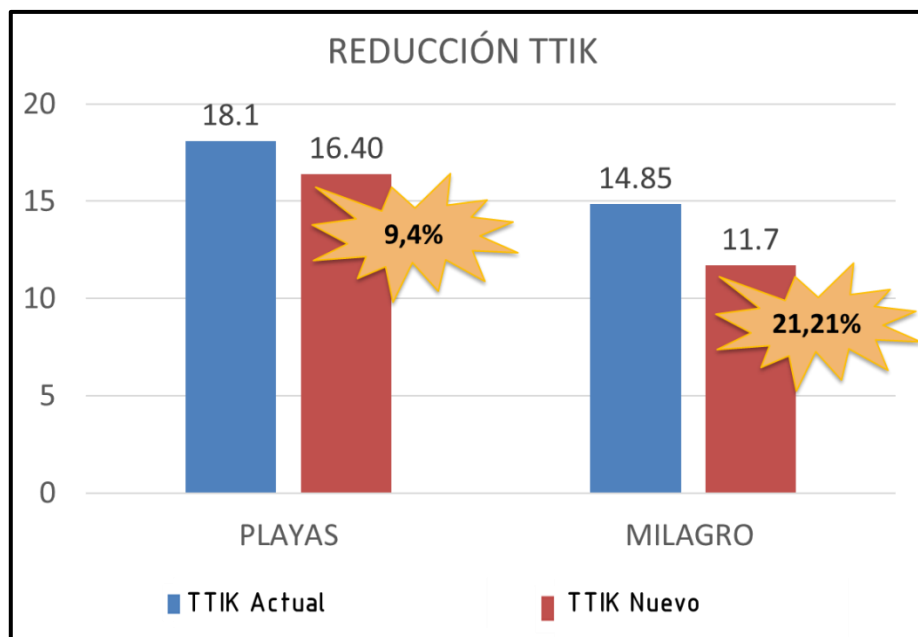


Gráfico 3.16 Reducción TTIK para Playas y Milagro

En Playas el indicador TTIK se reduce en un 9.40% y en Milagro en un 21.21 %— bajando 1.7 y 3.15 puntos el indicador para Playas y Milagro.

3.4 Flujo de caja: Implementación de los nuevos centros integrados de atención

Se realizó un flujo de caja para probar, que la implementación de los nuevos centros de atención es una inversión que para la empresa se encuentra dentro de sus posibilidades realizar, y si la inversión en un futuro generara un retorno para la empresa. Además, probar que el proyecto es sustentable. Para ello, se tomaron en consideración distintos aspectos para la elaboración de un buen flujo de caja, por ejemplo:

- **Inversión:** Para la inversión se consideró el terreno, la construcción del edificio, la compra de los materiales, equipo y muebles para el lugar y la compra de las camionetas y de los carros canastas.
- **Costos por reducción en el consumo de gas**
- **Ingresos por energía no suministrada**

Tabla 3.3 Flujo de caja para la implementación de los nuevos centros integrados de atención

YEAR	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sales		\$ 428,943,584	\$ 434,519,850	\$ 438,865,049	\$ 443,253,699	\$ 447,686,236
Purchase of electric power		\$ (253,264,514)	\$ (253,315,167)	\$ (253,239,172)	\$ (253,745,651)	\$ (253,897,898)
Workforce cost		\$ (73,028,416)	\$ (73,043,022)	\$ (73,057,630)	\$ (73,072,242)	\$ (73,086,856)
Cost of materiales		\$ (20,277,443)	\$ (20,281,498)	\$ (20,275,414)	\$ (20,315,965)	\$ (20,328,154)
Cost of services		\$ (41,478,183)	\$ (41,486,478)	\$ (41,474,032)	\$ (41,556,980)	\$ (41,581,915)
Commercial services		\$ (16,767,627)	\$ (16,770,980)	\$ (16,765,949)	\$ (16,799,481)	\$ (16,809,561)
Other expenses		\$ (877,074)	\$ (877,250)	\$ (876,987)	\$ (878,741)	\$ (879,268)
Financial expenses		\$ (536,473)	\$ (536,580)	\$ (536,419)	\$ (537,492)	\$ (537,814)
Interest						
Depreciation		\$ (478,417)	\$ (478,417)	\$ (478,417)	\$ (478,417)	\$ (478,417)
Profit before taxes		\$ 22,235,438	\$ 27,730,459	\$ 32,161,029	\$ 35,868,732	\$ 40,086,354
Taxes (25%)		\$ 5,558,860	\$ 6,932,615	\$ 8,040,257	\$ 8,967,183	\$ 10,021,589
Net profit		\$ 16,676,579	\$ 20,797,844	\$ 24,120,772	\$ 26,901,549	\$ 30,064,766
Depreciation		\$ 478,417	\$ 478,417	\$ 478,417	\$ 478,417	\$ 478,417
Investment	\$ (3,199,388.00)					
Loan		0				
Work capital	\$ (650,000.00)					\$ 650,000
Salvage value						\$ 4,348,726
Cash Flow	\$ -3,849,388.00	\$ 17,154,995.26	\$ 21,276,260.74	\$ 24,599,188.46	\$ 27,379,965.72	\$ 35,541,908.56
NPV (10,8%)	\$ 79,293,269					
IRR	468%					

Se puede observar en la Tabla 3.3 que el proyecto es rentable y que se puede sostener durante el tiempo.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto tuvo como propósito localizar y diseñar nuevos centros integrados de atención con el objetivo de reducir tiempos de transporte, ya que por medio de esta reducción indirectamente se lograría mejorar otras variables como lo son: los tiempos de interrupción, distancias recorridas, indicador TTIK y consumo de gasolina. A continuación, se resumen las reducciones generadas por la implementación de estos nuevos centros.

- Los tiempos de interrupción se reducen en un 14% en general para las tres ciudades.
- Los tiempos de transporte se reducen en un 37% en total.
- El TTIK se reduce en un 15.30%.
- El total de km recorridos que se reducirían es aproximadamente de 348K km. Causando un ahorro de \$26'285.05 por consumo de gasolina.
- A pesar de que los tiempos de interrupción no se reducen significativamente, los tiempos de transporte sí. Siendo estos tiempos los que el cliente percibe, son críticos para conseguir satisfacer las necesidades y expectativas de los mismo, puesto que, tiempos de espera prolongados para la atención de fallas, genera un descontento en cuanto a la calidad de servicio brindada por la empresa. Mejorando con la implementación la atención a los clientes.
- Los tiempos de interrupción y el indicador TTIK, no tuvieron reducciones significativas, debido a que estos métricos dependen de variables que se encuentran fuera del alcance del proyecto.

4.2 Recomendaciones

- Debido que el tiempo de interrupción tiene 3 componentes: atención, transporte y reparación de falla. La empresa debe realizar un análisis sobre los tiempos de reparación para clasificarlos y encontrar posibles soluciones sobre los prolongados tiempos de reparación que se están presentando.
- Para futuros proyectos, es importante que la empresa comience a administrar su tiempo de atención y a mantener un registro de ellos para la realización de un mapeo de tareas, con el propósito de encontrar posibles mejoras que ayuden a reducir estos tiempos de atención, y, en consecuencia, los tiempos de interrupción.
- El personal de la bodega de materiales y repuestos necesita realizar una clasificación ABC sobre el almacenamiento de los artículos y realizar el rediseño de la bodega. Para mejorar el almacenamiento y realizar la reubicación de artículos, con el fin de mejorar la organización y los procedimientos de despacho.
- La compañía necesita mejorar el interfaz que posee para el manejo del inventario, puesto que debe agregar más opciones al mismo. El sistema no muestra la ubicación donde se está almacenando los materiales, siendo esto importante para la recolección de artículos cuando sea necesario utilizar los elementos para reparación de fallas. Y así mejorar control y la organización del inventario.

BIBLIOGRAFÍA

- *Mudholkar, V. V. (2008). Six-Sigma: Delivering Quality to Mega Transportation Projects. In Transportation and Development Innovative Best Practices 2008 (pp. 284-289).*
- *McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). The Six Sigma black belt handbook. Motorola University.*
- *Al-Aomar, R., Al-Mansouri, A., & Al-Laban, M. (2017, October). Reducing the interruption of power distribution: A six sigma application. In 2017 2nd International Conference on Knowledge Engineering and Applications (ICKEA) (pp. 226-230). IEEE.*
- *Bolar, A., Tesfamariam, S., & Sadiq, R. (2013). Management of civil infrastructure systems: QFD-based approach. Journal of Infrastructure Systems, 20(1), 04013009.*
- *Sturdy, I., & Kincaid, R. (2014, April). The robust maximum-coverage problem. In 2014 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) (pp. 38-41). IEEE.*
- *Denton, B. (2005). Decision Analysis, Location Models, and Scheduling Problems. Interfaces, 35(3), 262.*
- *Ageev, A. A., & Sviridenko, M. I. (1999, June). Approximation algorithms for maximum coverage and max cut with given sizes of parts. In International Conference on Integer Programming and Combinatorial Optimization (pp. 17-30). Springer, Berlin, Heidelberg.*
- *Spoerhase, J. (2010, December). An optimal algorithm for single maximum coverage location on trees and related problems. In International Symposium on Algorithms and Computation (pp. 440-450). Springer, Berlin, Heidelberg.*
- *Farahani, R. Z., & Hekmatfar, M. (Eds.). (2009). Facility location: concepts, models, algorithms and case studies. Springer Science & Business Media.*
- *Sthda.com. (2019). Factoextra R Package: Easy Multivariate Data Analyses and Elegant Visualization - Easy Guides - Wiki - STHDA. [online] Available at: <http://www.sthda.com/english/wiki/factoextra-r-package-easy-multivariate-data-analyses-and-elegant-visualization#installing-and-loading-factoextra> [Accessed 3 Aug. 2019].*

ANEXOS

ANEXO 1

Clasificación ABC de materiales de bodega y rotación de inventarios

ITEM	NOMBRE	STOCK INICIAL	INGRESOS DEL PERIODO	EGRESOS DEL PERIODO	STOCK DEL PERIODO	STOCK FINAL	EGRESOS ABC	ACUMULADO	STOCK PROMEDIO	IR (anual)
043010060000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO,ACSR, 2 AWG, 7 (6/1) HILOS	16,693.00	75,216	-42,548	32,668.00	49,361.00	0.1361291	13.61%	33027	1
043010071000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO,ACSR, 1/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	2,119.00	48,405	-26,595	21,810.00	23,929.00	0.0850887	22.12%	13024	2
010606072000000	CONECTOR DE ALEACIÓN DE AL, DE COMPRESIÓN TIPO "H", PRINCIPAL 1/0 - 2/0 AWG, DERIVADO 6 - 2 AWG	27,129.00	225	-22,547	22,322.00	4,807.00	0.0721374	29.34%	15968	1
043001060000000	CONDUCTOR DE AL, DESNUDO CABLEADO, AAC, 2 AWG, 7 HILOS	5,784.00	8,705	-14,487	-5,782.00	2	0.0463501	33.97%	2893	5
044503082000000	CABLE PREENSAMBLADO DE AL, CABLEADO, 1,1 KV, XLPE, 2 X 70 AAC + 1 X 50 AAAC MM2 (SIMILAR A: 2 X 2/0 + 1 X 1/0 AWG)	677	13,166	-13,828	-662	15	0.0442416	38.39%	346	40
044003071000000	CABLE PREENSAMBLADO DE AL, CABLEADO, 600 V, XLPE, 2 x 50 AAC + 1 x 50 AAAC mm2 (SIMILAR A : 2 x 1/0 +1 x 1/0 AWG)	0	12,229	-12,018	211	211	0.0384507	42.24%	106	114
044503095000000	CABLE PREENSAMBLADO DE AL, CABLEADO, 1,1 KV, XLPE, 2 X 95 AAC + 1 X 50 AAAC MM2	0	10,960	-10,959	1	1	0.0350625	45.75%	1	21918

	(SIMILAR A: 2 X 3/0 + 1 X 1/0 AWG)									
043010073000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO, ACSR, 3/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	8,770.00	5,444	-10,163	-4,719.00	4,051.00	0.0325157	49.00%	6411	2
045002006000000	CABLE DE ACERO GALVANIZADO, GRADO SIEMENS MARTIN, 7 HILOS, 6,35 MM (1/4"), 1430 KGF	7,225.00	600	-7,624	-7,024.00	201	0.0243924	51.44%	3713	2
043520191000000	CABLE DE AL, CABLEADO, 600 V, TTU, 1/0 AWG, 19 HILOS	68	7,220	-6,970	250	318	0.0223000	53.67%	193	36
010606074000000	CONECTOR DE ALEACIÒN DE AL, DE COMPRESIÒN TIPO "H", PRINCIPAL 3/0 - 4/0 AWG, DERIVADO 6 - 2 AWG	5,210.00	3,026	-6,588	-3,562.00	1,648.00	0.0210778	55.77%	3429	2
043001071000000	CONDUCTOR DE AL, DESNUDO CABLEADO, AAC, 1/0 AWG, 7 HILOS	11,060.50	8,570	-6,339	2,231.00	13,291.50	0.0202811	57.80%	12176	1
100323100000000	CINTA DE ULHE AUTOFUNDIBLE PARA AISLAMIENTO, HASTA 69 KV, DE 19 MM X 0,91 M	8	6,007	-5,988	19	27	0.0191582	59.72%	18	342
043020300000000	CONDUCTOR DE AL, DESNUDO, CABLEADO, ACAR, 300 MCM, 19 (12/7) HILOS	12,035.00	0	-5,955	-5,955.00	6,080.00	0.0190526	61.62%	9058	1
043010336000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO, ACSR, 336,4 MCM, 19 (18/1) HILOS	2,813.50	2,691	-5,503	-2,812.00	1.5	0.0176064	63.38%	1408	4
041015060000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 15 KV, XLPE, 2 AWG, 7 HILOS, 100 % NA	22,363.00	6,379	-5,282	1,097.00	23,460.00	0.0168994	65.07%	22912	0
041015500000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 15 KV, XLPE, 500 MCM, 37 HILOS, 100 % NA	4,482.00	4,520	-5,032	-512	3,970.00	0.0160995	66.68%	4226	1
045002010000000	CABLE DE ACERO GALVANIZADO, GRADO	4,486.00	91	-4,577	-4,486.00	0	0.0146438	68.15%	2243	2

	SIEMENS MARTIN, 7 HILOS, 9,52 MM (3/8"), 2 700 KGF									
043010072000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO,ACSR, 2/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	8,972.00	1,317	-4,341	-3,024.00	5,948.00	0.0138887	69.54%	7460	1
041002194000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 4/0 AWG, 19 HILOS	4,032.50	209	-4,242	-4,032.50	0	0.0135704	70.89%	2016	2
043001073000000	CONDUCTOR DE AL, DESNUDO CABLEADO, AAC, 3/0 AWG, 7 HILOS	3,953.00	5,182	-3,309	1,873.00	5,826.00	0.0105869	71.95%	4890	1
044510058000000	CABLE DE AL, CABLEADO, 2 KV, TTU, 4 AWG, 7 HILOS	155	60,295	-3,230	57,065.00	57,220.00	0.0103341	72.99%	28688	0
100323320000000	Cinta de vinyl, protección UV, para aislamiento, hasta 600 V, de 19 mm x 20.1 m	0	11,466	-3,015	8,451.00	8,451.00	0.0096463	73.95%	4226	1
041002192000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 2/0 AWG, 19 HILOS	2,674.50	952	-2,382	-1,430.00	1,244.50	0.0076210	74.71%	1960	1
010606084000000	CONECTOR DE ALEACIÒN DE AL, DE COMPRESIÒN TIPO "H", PRINCIPAL 3/0 - 4/0 AWG, DERIVADO 1/0 - 2/0 AWG	487	2,923	-2,368	555	1,042.00	0.0075762	75.47%	765	3
012001060000000	ESTRIBO DE ALEACIÒN DE AL, PARA DERIVACIÒN, CABLE 2 AWG	578	3,312	-2,052	1,260.00	1,838.00	0.0065652	76.13%	1208	2
044515074000000	CABLE DE AL, AAC, SEMIAISLADO, 15 KV, XLPE, 4/0 AWG, 7 HILOS, ECOLÒGICO	1,885.00	135	-1,965	-1,830.00	55	0.0062869	76.76%	970	2
010606094000000	CONECTOR DE ALEACIÒN DE AL, DE COMPRESIÒN TIPO "H", PRINCIPAL 3/0 - 4/0 AWG, DERIVADO 3/0 - 4/0 AWG	461	2,673	-1,888	785	1,246.00	0.0060405	77.36%	854	2
043010479000000	CONDUCTOR DE AL-ACERO, DESNUDO CABLEADO,ACSR, 477 MCM, 33 (26/7) HILOS	4,834.00	129	-1,819	-1,690.00	3,144.00	0.0058198	77.94%	3989	0
010802300000000	CONECTOR ESTANCO, DOBLE DENTADO, PRINCIPAL 50 A 150	118	1,834	-1,764	70	188	0.0056438	78.51%	153	12

	mm2 (1/0 AWG - 300 MCM), DERIVADO 4 Q 35 mm2									
045002011000000	CABLE DE ACERO GALVANIZADO, GRADO SIEMENS MARTIN, 7 HILOS, 9,52 MM (3/8"), 3155 KGF	1,421.00	338	-1,694	-1,356.00	65	0.0054198	79.05%	743	2
080631007000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 7 A.	0	2,020	-1,605	415	415	0.0051351	79.56%	208	8
080631006000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 6 A.	0	2,018	-1,582	436	436	0.0050615	80.07%	218	7
040102056000000	CONDUCTOR Cu, DESNUDO, SÓLIDO, SEMIDURO, 6 AWG	0.5	7,500	-1,546	5,954.00	5,954.50	0.0049463	80.56%	2978	1
051065240000000	CRUCETA DE ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L" 65 X 65 X 6 MM (2 1/2 X 2 1/2 X 1/4") Y 2 400 MM	1,311.00	1,389	-1,499	-110	1,201.00	0.0047959	81.04%	1256	1
020106561000000	AISLADOR ESPIGA (PIN), PORCELANA, SIN RADIO INTERFERENCIA , 25 KV, ANSI 56-1	1,056.00	234	-1,287	-1,053.00	3	0.0041177	81.45%	530	2
041002060000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 2 AWG, 7 HILOS	1,070.00	4,030	-1,265	2,765.00	3,835.00	0.0040473	81.86%	2453	1
020502521000000	AISLADOR DE SUSPENSIÓN, PORCELANA, 7,5 KV, ANSI 52 - 1	361	2,218	-1,257	961	1,322.00	0.0040217	82.26%	842	1
080631010000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 10 A.	0	1,520	-1,250	270	270	0.0039993	82.66%	135	9
080631025000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 25 A.	1	1,523	-1,237	286	287	0.0039577	83.06%	144	9
010606477000000	CONECTOR DE ALEACIÒN DE AL, DE COMPRESIÒN TIPO "H", PRINCIPAL 4/0 - 477 MCM, DERIVADO 4/0 - 477 MCM	1,425.00	10	-1,185	-1,175.00	250	0.0037913	83.44%	838	1
044515336000000	CABLE DE AL, AAC, SEMIAISLADO, 15 KV, XLPE, 336, 4 MCM, 19 HILOS, ECOLÒGICO	1,244.00	0	-1,173	-1,173.00	71	0.0037529	83.81%	658	2

043813058000000	CABLE TRÍPLEX DE Al, AAC, CABLEADO, NEUTRO DESNUDO, 600 V, XLPE, 3 x 4 AWG, 7 HILOS	1,328.00	1,000	-1,150	-150	1,178.00	0.0036793	84.18%	1253	1
013007006000000	SEPARADOR DE MADERA, PARA SECUNDARIO	67	1,501	-1,114	387	454	0.0035642	84.54%	261	4
080631065000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 65 A.	0	1,520	-1,109	411	411	0.0035482	84.89%	206	5
041002350000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 350 MCM, 37 HILOS	1,955.50	465	-1,103	-638	1,317.50	0.0035290	85.24%	1637	1
041015191000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 15 KV, XLPE, 1/0 AWG, 19 HILOS, 100 % NA	294	3,204	-1,076	2,127.50	2,421.50	0.0034426	85.59%	1358	1
040112194000000	CONDUCTOR DE Cu, DESNUDO, CABLEADO, SEMIDURO, 4/0 AWG, 19 HILOS	4,554.00	25	-1,047	-1,022.00	3,532.00	0.0033498	85.92%	4043	0
052513038000000	PERNO MÁQUINA DE ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDELA PLANA Y PRESIÓN, 16 X 38 MM (5/8 X 1 1/2")	2,221.00	1,547	-1,020	527	2,748.00	0.0032634	86.25%	2485	0
214506121000000	PAPEL FILTRO	1,009.00	0	-1,009	-1,009.00	0	0.0032282	86.57%	505	2
044003082000000	CABLE PREENSAMBLADO DE Al, CABLEADO, 600 V, XLPE, 2 x 70 AAC + 1 x 50 AAAC mm2 (SIMILAR A : 2 x 2/0 + 1 x 1/0 AWG)	0	1,000	-1,000	0	0	0.0031994	86.89%	0	0
052016200000000	PERNO PIN DE ACERO GALVANIZADO, ROSCA PLÁSTICA DE 25, 4 MM (1"), 16 X 200 MM (5/8 X 8")	22	1,594	-974	620	642	0.0031162	87.20%	332	3
020801532000000	AISLADOR ROLLO, PORCELANA, 0,25 KV, ANSI 53-2	861	3,438	-959	2,479.00	3,340.00	0.0030682	87.51%	2101	0
052020305000000	PERNO PIN DE ACERO GALVANIZADO, ROSCA PLÁSTICA DE 50, 8 MM (2"), 19 X 305 MM (3/4 X 12")	0	2,700	-908	1,792.00	1,792.00	0.0029051	87.80%	896	1

053516052000000	PERNO "U" DE ACERO GALVANIZADO, 2 TUERCAS, ARANDELAS: 2 PLANAS Y 2 PRESIÓN DE 16 X 150 MM (5/8 X 6"), ANCHO DENTRO DE LA U	2,009.00	539	-906	-367	1,642.00	0.0028987	88.09%	1826	0
080631012000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 12 A.	0	1,020	-900	120	120	0.0028795	88.38%	60	15
043020501000000	CONDUCTOR DE AI, DESNUDO, CABLEADO, ACAR, 500 MCM, 37 (18/19) HILOS	13,200.00	0	-900	-900	12,300.00	0.0028795	88.67%	12750	0
080631100000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 100 A.	0	1,518	-898	620	620	0.0028731	88.95%	310	3
020107561000000	AISLADOR ESPIGA (PIN), PORCELANA, CON RADIO INTERFERENCIA , 25 KV, ANSI 56-1	0	916	-772	144	144	0.0024700	89.20%	72	11
054138200000000	PIE AMIGO DE ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 6 MM (1 1/2 X 1/4") Y 2 000 MM	3	765	-768	-3	0	0.0024572	89.45%	2	512
050114200007000	Abrazadera de 4 pernos, pletina acero galvanizado 38 x 6 mm (1 1/2 x 1/4") y 114 mm	0	764	-764	0	0	0.0024444	89.69%	0	1
052816306000000	PERNO OJO DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDELAS: 4 PLANAS Y 4 PRESIÓN, 16 X 306 MM (5/8 X 12")	1,443.00	55	-744	-689	754	0.0023804	89.93%	1099	1
053216306000000	PERNO ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDELAS: 4 PLANAS Y 4 PRESIÓN, 16 X 306MM (5/8 X 12")	0	1,383	-702	681	681	0.0022460	90.15%	341	2
043010074000000	CONDUCTOR DE AI-ACERO, DESNUDO CABLEADO, ACSR, 4/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	9,097.00	7,864	-669	7,195.00	16,292.00	0.0021404	90.37%	12695	0

100323250000000	CINTA DE VINYL, PROTECCIÓN UV, PARA AISLAMIENTO, HASTA 600 V, DE 13 MM X 6 M, VARIOS COLORES	664	0	-630	-630	34	0.0020156	90.57%	349	2
050301001000000	BASTIDOR DE ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 4 MM (1 1/2 X 5/32"), 1 VÌA	88	795	-626	169	257	0.0020028	90.77%	173	4
045001011000000	CABLE DE ACERO GALVANIZADO, GRADO COMÚN, 7 HILOS, 9,52 MM (3/8"), 2 700 KGF	0	19,500	-615	18,885.00	18,885.00	0.0019676	90.97%	9443	0
080631030000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 30 A.	0	620	-593	27	27	0.0018973	91.16%	14	44
080631040000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 40 A.	0	616	-590	26	26	0.0018877	91.34%	13	45
040112058000000	CONDUCTOR DE Cu, DESNUDO, CABLEADO, SEMIDURO, 4 AWG, 7 HILOS	0	1,500	-569	931	931	0.0018205	91.53%	466	1
040310191000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 600 V, TW, 1/0 AWG, 19 HILOS	3,742.50	556	-563	-7.4	3,735.10	0.0018013	91.71%	3739	0
012611400000000	GRAPA DE ALEACIÒN DE AL, PARA DERIVACIÒN DE LÌNEA EN CALIENTE, PRINCIPAL 6 AWG - 400 MCM, DERIVADO 6 -	545	11	-550	-539	6	0.0017597	91.88%	276	2
044503083000000	CABLE PREENSAMBLADO DE AL, CABLEADO, 1,1 KV, XLPE, 2 X 90 AAC + 1 X 50 AAAC MM2 (SIMILAR A: 2 X 3/0 + 1 X 1/0 AWG)	162	400	-547	-147	15	0.0017501	92.06%	89	6
081515110000000	SECCIONADOR PORTAFUSIBLE, UNIPOLAR, ABIERTO, 15 KV, BIL 110 KV, 10 KA, 100 A	471	70	-541	-471	0	0.0017309	92.23%	236	2
054138071000000	PIE AMIGO DE ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 6 MM (1 1/2 X 1/4") Y 710 MM	71	1,567	-529	1,038.00	1,109.00	0.0016925	92.40%	590	1

010802073001000	CONECTOR TIPO PERFORANTE O DENTADO DCNL-3	695	0	-516	-516	179	0.0016509	92.57%	437	1
054038071000000	PIE AMIGO DE ACERO GALVANIZADO, PERFIL "L" 38 X 38 X 6 MM (1 1/2 X 1 1/2 X 1/4") Y 710 MM	618	39	-513	-474	144	0.0016413	92.73%	381	1
010606556000000	CONECTOR DE ALEACIÒN DE AL, DE COMPRESIÒN TIPO "H", PRINCIPAL 300 - 556 MCM, DERIVADO 300 - 556 MCM	960	263	-505	-242	718	0.0016157	92.89%	839	1
040310050000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 600 V, TW, 12 AWG, 7 HILOS	0	500	-500	0	0	0.0015997	93.05%	0	1
182502044000000	PAÑO ABSORBENTES PARA DERRAMES DE HIDROCARBUROS	500	0	-500	-500	0	0.0015997	93.21%	250	2
210512350000000	PRECINTO PLÁSTICO DE 350 MM	490	0	-490	-490	0	0.0015677	93.37%	245	2
080631050000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 50 A.	0	618	-488	130	130	0.0015613	93.52%	65	8
052513050000000	PERNO MÁQUINA DE ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDELA PLANA Y PRESIÒN, 16 X 50 MM (5/8 X 2")	356	723	-486	237	593	0.0015549	93.68%	475	1
080631020000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 20 A.	0	468	-468	0	0	0.0014973	93.83%	0	1
010804300000000	CONECTOR ESTANCO, CUÀDRUPLE DENTADO, PRINCIPAL 35 A 150 mm2 (2 AWG - 300 MCM), DERIVADO 35 A 150	998	0	-464	-464	534	0.0014845	93.98%	766	1
020105555000000	AISLADOR ESPIGA (PIN), PORCELANA, CON RADIO INTERFERENCIA, 15 KV, ANSI 55-5	0	1,614	-454	1,160.00	1,160.00	0.0014525	94.12%	580	1
080631080000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 80 A.	0	918	-450	468	468	0.0014397	94.27%	234	2

041002056000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 6 AWG, 7 HILOS	0	616	-442	174	174	0.0014141	94.41%	87	5
180126026000000	GUANTES DE PROTECCIÓN QUIRÚRGICA DE NITRILO	400	16	-416	-400	0	0.0013310	94.54%	200	2
059999001000000	KIT DE SUSPENSION PARA POSTE	459	249	-409	-160	299	0.0013086	94.67%	379	1
080620063000000	CARTUCHO FUSIBLE TIPO NEOZED, 500 V, 63 A	2,456.00	12,000	-400	11,600.00	14,056.00	0.0012798	94.80%	8256	0
099999990550000	BORNES PARA PUESTA A TIERRA DE CARCAZA DE TRANSFORMADORES	1,090.00	59	-391	-332	758	0.0012510	94.93%	924	0
041002250000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 250 MCM, 37 HILOS	415	1,005	-363	642	1,057.00	0.0011614	95.04%	736	0
053216457000000	PERNO ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDELAS: 4 PLANAS Y 4 PRESIÓN, 16 X 457MM (5/8 X 18")	0	513	-345	168	168	0.0011038	95.15%	84	4
010802073000000	CONECTOR ESTANCO, DOBLE DENTADO, PRINCIPAL 16 A 95 mm2 (4 - 3/0 AWG), DERIVADO 4 A 35 mm2 (12 - 2	344	0	-344	-344	0	0.0011006	95.26%	172	2
180126014000000	GUANTES DE PROTECCIÓN MECÁNICA DE CUERO CORTO	331	0	-331	-331	0	0.0010590	95.37%	166	2
012601072000000	GRAPA DE ALEACIÓN DE AL, TERMINAL APERNADO, TIPO PISTOLA, DOS PERNOS, RANGO 6 A 2/0 AWG	168	158	-326	-168	0	0.0010430	95.47%	84	4
019999990070000	KIT DE RETENCIÓN AL, PARA CABLE PREENSAMBLADO	0	685	-310	375	375	0.0009918	95.57%	188	2
050301003000000	BASTIDOR DE ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 4 MM (1 1/2 X 5/32"), 3 VÍAS	153	214	-306	-92	61	0.0009790	95.67%	107	3
043520060000000	CABLE DE AL, CABLEADO, 600 V, TTU, 2 AWG, 7 HILOS	324	0	-305	-305	19	0.0009758	95.77%	172	2

21999999310000	CAJA SOBREPUESTA PARA TOMACORRIENTE POLARIZADO SENCILLO	299	0	-299	-299	0	0.0009566	95.86%	150	2
012611082000000	GRAPA DE ALEACIÓN DE AL, PARA DERIVACIÓN DE LÍNEA EN CALIENTE, RANGO 6 - 2/0	259	23	-282	-259	0	0.0009022	95.95%	130	2
010802074000000	CONECTOR ESTANCO, DOBLE DENTADO, PRINCIPAL 25 A 95 mm2 (4 - 3/0 AWG), DERIVADO 25 A 95 mm2 (4-3/0	554	502	-277	225	779	0.0008862	96.04%	667	0
040101058000000	CONDUCTOR Cu, DESNUDO, SÓLIDO, SUAVE, 4 AWG	0	10,000	-276	9,724.00	9,724.00	0.0008830	96.13%	4862	0
211312013000000	CABO DE NYLON DE 1/2"	721.38	0	-250	-250	471.38	0.0007999	96.21%	596	0
080631140000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 140 A.	0	380	-237	143	143	0.0007583	96.29%	72	3
041002058000000	CABLE DE Cu, CABLEADO, 2 KV, TTU, 4 AWG, 7 HILOS	248	0	-233	-233	15	0.0007455	96.36%	132	2
100323250003000	CINTA DE VINYL, PROTECCIÓN UV, PARA AISLAMIENTO, HASTA 600 V, DE 13 MM X 6 M, VARIOS COLORES	30	191	-221	-30	0	0.0007071	96.43%	15	15
012001076000000	ESTRIBO DE ALEACIÓN DE AL, PARA DERIVACIÓN, CABLE 336.4 MCM	250	0	-218	-218	32	0.0006975	96.50%	141	2
044503071000000	CABLE PREENSAMBLADO DE AL, CABLEADO, 1,1 KV, XLPE, 2 X 50 AAC + 1 X 50 AAAC MM2 (SIMILAR A: 2 X 1/0 + 1 X 1/0 AWG)	199	30	-217	-187	12	0.0006943	96.57%	106	2
201602001000000	CUBIERTA PARA CONDUCTOR DE 5', CON MANGO DE 4', 25 KV	0	216	-216	0	0	0.0006911	96.64%	0	1
053216406000000	PERNO ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDELAS: 4 PLANAS Y 4 PRESIÓN, 16 X 406 MM (5/8 X 16")	0	400	-210	190	190	0.0006719	96.71%	95	2

080631001000000	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 1 A.	2	268	-207	61	63	0.0006623	96.77%	33	6
212702300000000	LIJA PARA METAL NO. 300, PLIEGO	293	0	-201	-201	92	0.0006431	96.84%	193	1
139999999014000	GRAPA DE SUSPENSIÓN APERNADA DE ALEACIÓN DE AL, PARA 4/0 AWG	178	8	-186	-178	0	0.0005951	96.90%	89	2
020511015000000	AISLADOR DE SUSPENSIÓN, POLIMÉRICO, 15 KV, ANSI DS-15	74	156	-184	-28	46	0.0005887	96.95%	60	3
080653050000000	TIRAFUSIBLE TIPO T, DUAL, CABEZA FIJA DE 50 AMP.	0	180	-180	0	0	0.0005759	97.01%	0	1
019999999185000	ESTRIBO DE ALUMINIO PARA CABLE # 336 CON GRAPA	167	9	-176	-167	0	0.0005631	97.07%	84	2
020511069000000	AISLADOR DE SUSPENSIÓN, POLIMÉRICO, 69 KV, ANSI DS-69	74	147	-165	-18	56	0.0005279	97.12%	65	3
044515193000000	CABLE DE AL, AAC, SEMIAISLADO, 15 KV, XLPE, 3/0 AWG, 19 HILOS, ECOLÓGICO	176	160	-160	0	176	0.0005119	97.17%	176	1
054175240001000	Pie de amigo de acero galvanizado, pletina 75 x 6 mm (3 x 1/4") y 241 mm	0	450	-159	291	291	0.0005087	97.22%	146	1
019999999128000	UNIONES DE ALUMINIO PARA CABLE ACERO 3/8"	159	0	-159	-159	0	0.0005087	97.27%	80	2
131501002000000	EMPALME DE ALEACIÓN DE AL, DE COMPRESIÓN, CALIBRE 336,4 MCM	220	16	-155	-139	81	0.0004959	97.32%	151	1
212722027001000	CANDADO DE 50 MM TIPO BARRIL	144	10	-154	-144	0	0.0004927	97.37%	72	2
219999999503000	ALAMBRE DE 1/8" GALVANIZADO DE ZINC	153.25	0	-153	-153.25	0	0.0004903	97.42%	77	2
081202010000000	PARARRAYOS CLASE DISTRIBUCIÓN POLIMÉRICO, ÓXIDO DE ZINC, 10 KV, SIN DESCONECTOR	26	150	-153	-3	23	0.0004895	97.47%	25	6

054801009000000	GUARDACABO DE ACERO GALVANIZADO, PARA CABLE ACERO 9, 51 MM (3/8")	156	-8	-148	-156	0	0.0004735	97.52%	78	2
219999999473000	TRAPO LIMPIO	515	6	-147	-141	374	0.0004703	97.57%	445	0
089999999112000	TIRA FUSIBLE DE 7 AMPERIOS, TIPO K	140	0	-140	-140	0	0.0004479	97.61%	70	2
139999999201000	UNION BURNDY 700 - 750MCM, CAT# YS39A1	140	0	-140	-140	0	0.0004479	97.66%	70	2
011802060000000	EMPALME DE ALEACIÓN DE AL, DE COMPRESIÓN, LARGO, TENSIÓN PLENA, CALIBRE 2 AWG	255	0	-132	-132	123	0.0004223	97.70%	189	1
209999999197000	ZUNCHO ACERADO DE 3/4"	129.52	0	-130	-129.52	0	0.0004144	97.74%	65	2
130703001000000	GRAPA DE SUSPENSIÓN OSCILANTE DE ALEACIÓN DE AL, PARA AISLADOR LINE POST, 266,8 MCM	108	19	-127	-108	0	0.0004063	97.78%	54	2
210516008000000	TACO FISHER NO 8	124	0	-124	-124	0	0.0003967	97.82%	62	2
044510194000000	CABLE DE AL, CABLEADO, 2 KV, TTU, 4/0 AWG, 19 HILOS	0	120	-120	0	0	0.0003839	97.86%	0	1
019999999124000	UNION BURNDY CAT #YS28A1 PARA CABLE 4/0	118	1	-119	-118	0	0.0003807	97.90%	59	2
130703002000000	GRAPA DE SUSPENSIÓN OSCILANTE DE ALEACIÓN DE AL, PARA AISLADOR LINE POST, 336,4 MCM	112	6	-118	-112	0	0.0003775	97.93%	56	2
052816200000000	PERNO OJO DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDELAS: 4 PLANAS Y 4 PRESIÓN, 16 X 200 MM (5/8 X 8")	344	0	-116	-116	228	0.0003711	97.97%	286	0
080653100000000	TIRAFUSIBLE TIPO T, DUAL, CABEZA FIJA DE 100 AMP.	0	182	-111	71	71	0.0003551	98.01%	36	3
139999999200000	UNION BURDY 600 MCM, CAT.# YS36A1	103	2	-105	-103	0	0.0003359	98.04%	52	2

012601556002000	GRAPA DE ALEACIÒN DE AL, TERMINAL APERNADO, TIPO PISTOLA, CUATRO PER NOS, RANGO 477	90	12	-102	-90	0	0.0003263	98.07%	45	2
080653080000000	TIRAFUSIBLE TIPO T, DUAL, CABEZA FIJA DE 80 AMP.	0	180	-101	79	79	0.0003231	98.10%	40	3
013601073000000	RETENCIÒN TERMINAL PREFORMADA, PARA CABLE DE AL, CALIBRE 3/0 AWG	480	19	-101	-82	398	0.0003231	98.14%	439	0

APÉNDICE 1

Código en RStudio para identificar números de clústeres óptimos a graficar

```
set.seed(80)

datos.km<-kmeans(datos.scale, centers = 6 )
names(datos.km)

datos.km$cluster
cluster <- datos.km$cluster
datos.km$totss
datos.km$betweenss
datos.km$withinss
datos.km$tot.withinss|

sumbt<- kmeans(datos.scale, centers = 1)$betweenss
for(i in 2:10) sumbt[i] <- kmeans(datos.scale, centers = i)$betweenss
plot(1:10, sumbt, type = "b", xlab = "numero de clusters", ylab = "suma de cuadrados")

plot(datos$X1 ,datos$X2, col=datos.km$cluster ,xlab = "x", ylab = "y")

aggregate(datos[,1:2], by=list(datos.km$cluster), mean)

write.table(cluster, file = "clusters.csv", sep = ",", col.names = NA,
            qmethod = "double")
```

Código en RStudio para graficar clústeres

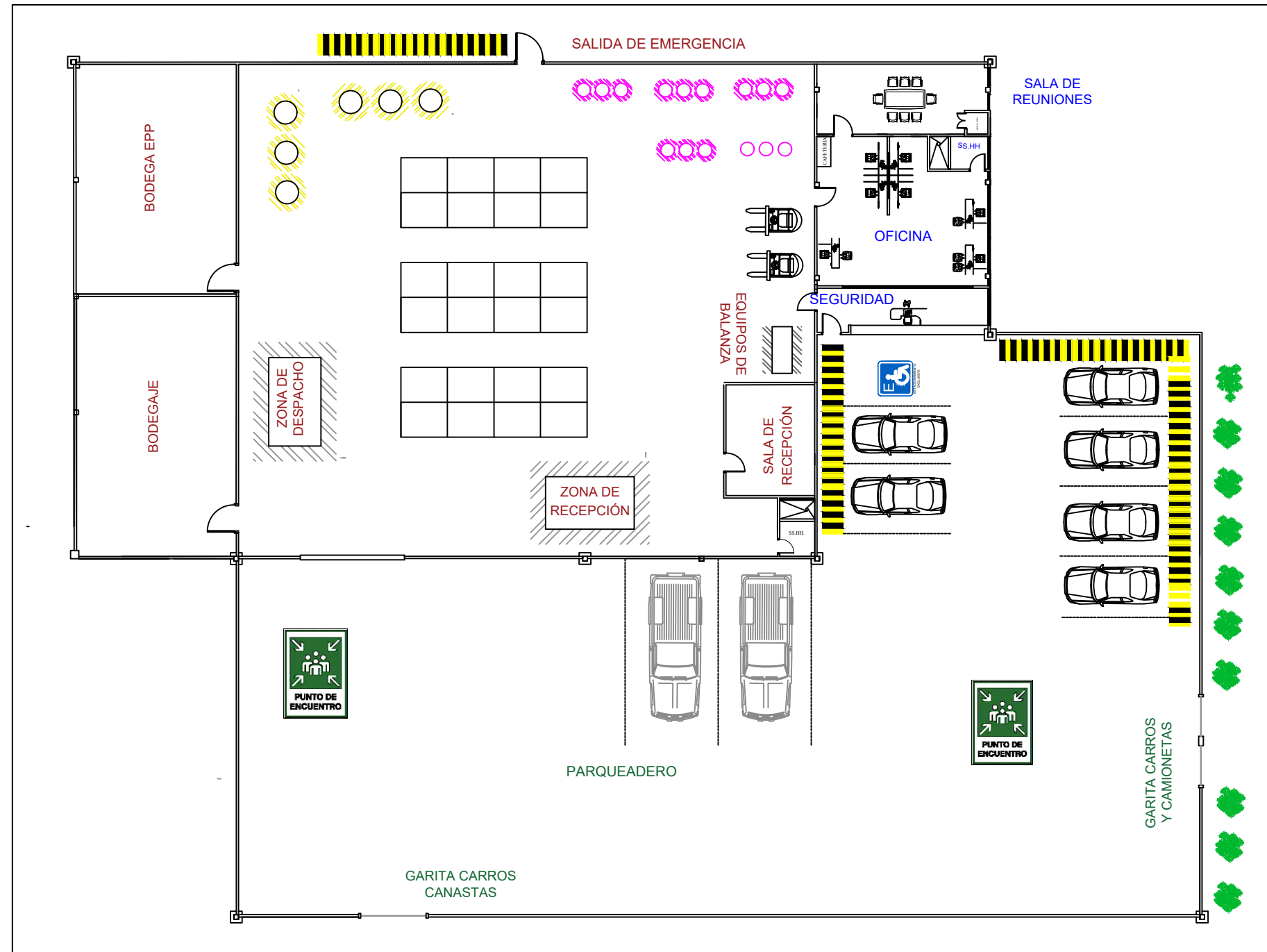
```
head(my_data)
my_data <- na.omit(my_data)
my_data <- scale(my_data)

library(stats)
library(cluster)
library(FactoMineR)
library(ggplot2)
library(factoextra)
fviz_nbclust(my_data, kmeans,
            method = "gap_stat")

set.seed(80)
km.res <- kmeans(my_data, 6 , nstart = 10)

library("factoextra")
fviz_cluster(km.res, data = my_data,
            ellipse.type = "convex",
            palette = "jco",
            repel = TRUE,
            ggtheme = theme_minimal())

library("cluster")
pam.res <- pam(my_data, 6)
fviz_cluster(pam.res)
```



PROYECTO: CNEL- CENTRO INTEGRADO DE ATENCIÓN				
CONTIENE: PLANO				
AREA: BODEGA DE ALMACÉN Y DEPARTAMENTOS				
PROPIETARIO:	RESP. PROYECTO:	DISEÑO:	PLANO:	1 de 1
			DIBUJO:	
			ESCALA:	
CNEL		ESPINOZA ALLISON PULLEY BIANCA	FECHA:	30/08/2019