



**Propuesta de mejora del proceso de carga de combustible en camiones dentro de las dos plantas almacenadoras de Puma Energy, ubicadas en el Puerto San José, Escuintla de la República de Guatemala; para optimizar el tiempo de carga y la distribución de las líneas de espera.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

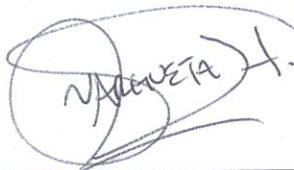


**Propuesta de mejora del proceso de carga de combustible en camiones dentro de las dos plantas almacenadoras de Puma Energy, ubicadas en el Puerto San José, Escuintla de la República de Guatemala; para optimizar el tiempo de carga y la distribución de las líneas de espera.**

Trabajo de graduación presentado por  
**Mario Alejandro Garavito Morales**  
para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala  
2019

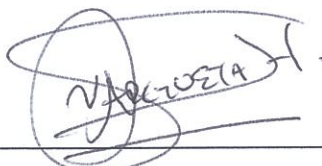
Vo.Bo.



(f) \_\_\_\_\_

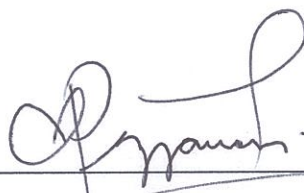
MBA. Ing. Vany Margoth Argueta Herrera

Tribunal Examinador:



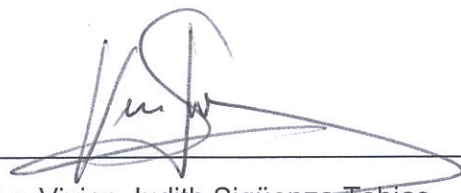
(f) \_\_\_\_\_

MBA. Ing. Vany Margoth Argueta Herrera



(f) \_\_\_\_\_

Ing. Santiago Domingo Pezzarossi Lira



(f) \_\_\_\_\_

Ing. Vivian Judith Sigüenza Tobias

Fecha de aprobación: Guatemala, 08 de enero de 2019

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por permitírmelo todo en la vida, estar siempre conmigo y ser guía de mi vida.

### **Mis padres**

José Vicente y Rosa María, tanto que decirles, pero lo digo todo en una palabra, Gracias. Gracias por dárme todo, su confianza, apoyarme en todo momento, brindarme su amor, valores y todo para que sea una persona de bien en la sociedad. Han sido lo mejor.

### **Mis abuelos**

Papin (†) y Tita (†), quizá este momento llegó muy tarde, pero sé que les hubiese encantado vivirlo. Gracias por todo el amor que me dieron en vida, fueron un segundo par de padres que Dios me dio. Espero que estén juntos y espero algún día volver a disfrutar a su lado.

### **Mis hermanos**

José Fernando, José Andrés y Juan Carlos, porque juntos hemos vivido momentos muy especiales y siempre estamos para apoyarnos.

### **Mi asesora**

Vany, por todo tu apoyo durante este tiempo, no solo para la realización de este trabajo. Una persona increíble, que no solo me hizo crecer en aspectos académicos, sino que también en lo profesional y personal.

Vany, eres alguien a quien admiro y realmente te tengo muchísimo cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora, Vany Argueta, quien merece mi máximo reconocimiento y agradecimiento por todo el invaluable apoyo brindado a lo largo del desarrollo del presente trabajo de graduación. Una persona que siempre estuvo dispuesta a ayudarme en cualquier momento, sin importar que tan ocupada se encontraba. Alguien que siempre estuvo dispuesta a compartir sus conocimientos, no solo en lo académico, sino que también, experiencias que me hicieron crecer en lo profesional y personal, algo que hoy en día tiene muchísimo valor. Trabajar con Vany no solo ha sido un honor, ha sido un verdadero placer.

A Puma Energy Guatemala, por permitirme desarrollar mi trabajo de graduación en sus instalaciones. Siempre estuvieron muy abiertos a la realización del presente y me apoyaron en todo lo que necesité a lo largo de este tiempo. Muchas gracias por permitirme desarrollar el presente en una industria que desde pequeño me ha interesado.

Al Gerente de Operaciones de Puma Energy Guatemala, Marco Vinicio Lemus, por haber abierto las puertas de la empresa para la realización del presente, por toda su colaboración a lo largo del desarrollo, sin esta, hubiese sido imposible lograrlo. Muchas gracias por la confianza durante todo este tiempo.

Al personal de Puma 1 y Puma 2, por toda su colaboración para realizar este trabajo. Gracias por todas sus atenciones.

# ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	xi
RESUMEN.....	xiii
CAPÍTULOS .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
A. GENERAL .....	2
B. ESPECÍFICOS .....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO .....	4
A. DEFINICIONES.....	4
1. DEFINICIONES GENERALES .....	4
2. DEFINICIONES TÉCNICAS.....	6
3. DEFINICIONES DE PLANTA .....	12
B. LEGISLACIÓN GUATEMALTECA .....	14
1. Plantas almacenadoras de combustible.....	15
2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE.....	17
3. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL .....	18
C. PUMA ENERGY .....	19
D. PUERTO SAN JOSÉ, ESCUINTLA .....	21
V. SITUACIÓN ACTUAL.....	22
A. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	22
1. PLANTA 1 .....	24
a. SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES .....	24
b. SISTEMA DE COLA DE CAMIONES .....	42
2. PLANTA 2 .....	45
a. SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES .....	45
b. SISTEMA DE COLA DE CAMIONES .....	67
VI. PROPUESTA DE MEJORA .....	69
A. MEJORAS AL SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES .....	69
1. PLANTA 1 .....	73
2. PLANTA 2 .....	80
B. MEJORAS AL SISTEMA DE COLA DE CAMIONES .....	86
1. PLANTA 1 .....	86

2.	PLANTA 2 .....	88
VII.	ASPECTOS FINANCIEROS .....	90
A.	ANÁLISIS DE INVERSIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS .....	90
1.	PLANTA 1.....	90
2.	PLANTA 2.....	91
B.	ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO DE LAS UTILIDADES.....	92
1.	PLANTA 1.....	93
2.	PLANTA 2.....	108
VIII.	CONCLUSIONES.....	122
IX.	RECOMENDACIONES.....	124
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	125
XI.	ANEXOS .....	127



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Especificaciones Gasolina Superior. ....	9
Cuadro 2. Especificaciones Gasolina Regular. ....	10
Cuadro 3. Especificaciones Diésel. ....	11
Cuadro 4. Resumen de observaciones en Planta 1 (h:mm:ss).....	27
Cuadro 5. Condensado de datos observados en Planta 1.....	28
Cuadro 6. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo en Planta 1.....	29
Cuadro 7. Resumen de estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga en Planta 1.....	31
Cuadro 8. Porcentaje de utilización Planta 1. ....	35
Cuadro 9. Resumen porcentaje de utilización en Planta 1.....	36
Cuadro 10. Clave de colores del recorrido en Planta. ....	43
Cuadro 11. Clave de colores de la distribución de líneas de espera en Planta 1.....	44
Cuadro 12. Resumen de observaciones Planta 2 (h:mm:ss). ....	48
Cuadro 13. Condensado de datos observados en Planta 2.....	49
Cuadro 14. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo en Planta 2.....	50
Cuadro 15. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo de Carga en Planta 2.....	52
Cuadro 16. Estadísticas descriptivas del tiempo de carga de las Posiciones 1-2.....	56
Cuadro 17. Estadísticas descriptivas del tiempo de carga de las Posiciones 3-4.....	58
Cuadro 18. Porcentaje de utilización Planta 2.....	61
Cuadro 19. Resumen porcentaje de utilización en Planta 2.....	62
Cuadro 20. Clave de colores de la distribución de líneas de espera en Planta 2.....	68
Cuadro 21. Parque vehicular de Guatemala.....	69
Cuadro 22. Detalle de propuesta CAPEX en Planta 1.....	91
Cuadro 23. Detalle de propuesta CAPEX en Planta 2.....	92
Cuadro 24. Descripción de cantidades y costos de operación mensuales Planta 1.....	93
Cuadro 25. Descripción de costos y precios de venta en Planta 1.....	93
Cuadro 26. Porcentaje de demanda mensual respecto al total anual Planta 1.....	94
Cuadro 27. Distribución del porcentaje de venta total de combustibles en Planta 1.....	94
Cuadro 28. Cantidad de venta total anual de combustibles en Planta 1.....	95
Cuadro 29. Descripción de ingresos en Planta 1.....	95
Cuadro 30. Descripción actual de costos de producto en Planta 1.....	95
Cuadro 31. Estimación de ingresos, costos y gastos actuales en Planta 1.....	97
Cuadro 32. Estado de resultados de la situación actual de la Planta 1.....	97
Cuadro 33. Descripción de ingresos con mejoras en Planta 1.....	98
Cuadro 34. Descripción de costos de producto en Planta 1 con mejoras.....	98

Cuadro 35. Estimación de ingresos, costos y gastos debido a las mejoras en Planta 1.....	100
Cuadro 36. Estado de resultados de la Planta 1 con mejoras. ....	100
Cuadro 37. Flujos de efectivo detallados causados por las mejoras en Planta 1. ....	102
Cuadro 38. Flujos netos de efectivo de la Planta 1.....	102
Cuadro 39. Recuperación de inversión en Planta 1.....	104
Cuadro 40. Flujos netos de efectivo considerando el mes de instalación en Planta 1.....	105
Cuadro 41. Recuperación de inversión en Planta 1 considerando el mes de instalación. ....	107
Cuadro 42. Descripción de cantidades y costos de operación mensuales Planta 2.....	108
Cuadro 43. Descripción de costos y precios de venta en Planta 2. ....	108
Cuadro 44. Porcentaje de demanda mensual respecto al total anual Planta 2. ....	109
Cuadro 45. Distribución del porcentaje de venta total de combustibles en Planta 2.....	109
Cuadro 46. Cantidad de venta total anual de combustibles en Planta 2. ....	110
Cuadro 47. Descripción de ingresos en Planta 2. ....	110
Cuadro 48. Descripción actual de costos de producto en Planta 2.....	110
Cuadro 49. Estimación ingresos, costos y gastos actuales en Planta 2. ....	111
Cuadro 50. Estado de resultados de la situación actual de la Planta 2. ....	112
Cuadro 51. Descripción de ingresos con mejoras en Planta 2. ....	113
Cuadro 52. Descripción de costos de producto en Planta 2 con mejoras. ....	113
Cuadro 53. Estimación de ingresos, costos y gastos debido a las mejoras en Planta 2.....	114
Cuadro 54. Estado de resultados de la Planta 2 con mejoras. ....	115
Cuadro 55. Flujos de efectivo detallados causados por las mejoras en Planta 2. ....	116
Cuadro 56. Flujos netos de efectivo de la Planta 2.....	117
Cuadro 57. Recuperación de inversión en Planta 2.....	118
Cuadro 58. Proyección de crecimiento de utilidades de Planta 2. ....	119
Cuadro 59. Periodo de recuperación anual de Planta 2. ....	119
Cuadro 60. Recuperación de inversión en Planta 2 considerando el mes de instalación. ....	120

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Planta Puma Energy, Puerto San José, Escuintla. ....	12
Ilustración 2. Posiciones de carga (Izquierda y derecha).....	13
Ilustración 3. Brazo de carga superior Emco Wheaton WE2800.....	13
Ilustración 4 Área de carga y bombas.....	14
Ilustración 5. Logotipo de Puma Energy .....	20
Ilustración 6. Mapa de la República de Guatemala, con identificación del Puerto San José, Escuintla. ....	21
Ilustración 7. Perspectiva de procesos para el piloto.....	23
Ilustración 8. Posiciones de carga en Planta 1. ....	25
Ilustración 9. Distribución de las posiciones de carga en la Planta 1. ....	26
Ilustración 10. Distribución de brazos en posiciones H-I.....	26
Ilustración 11. Histograma del Tiempo en Planta 1. ....	30
Ilustración 12. Resultados del Tiempo de Carga en Planta 1 del Input Analyzer.....	32
Ilustración 13. Pareto de Tiempo Total en Planta 1 .....	33
Ilustración 14. Gráfico de control del tiempo de carga en Planta 1. ....	37
Ilustración 15. Pareto de Tiempo de Carga en Planta 1.....	38
Ilustración 16. Observaciones por posición en Planta 1. ....	40
Ilustración 17. Pareto de porcentaje de utilización en Planta 1.....	41
Ilustración 18. Recorrido de camiones en Planta 1. ....	42
Ilustración 19. Distribución de líneas de espera en Planta 1.....	43
Ilustración 20. Distribución de las posiciones de carga en la Planta 2.....	46
Ilustración 21. Vista lateral de un rack de carga en Planta 2. ....	47
Ilustración 22. Resultados del Tiempo Total en Planta 2 del Input Analyzer.....	51
Ilustración 23. Resultados del Tiempo de Carga en Planta 2 del Input Analyzer.....	53
Ilustración 24. Histograma del tiempo de carga en Planta 2.....	54
Ilustración 25. Histograma del tiempo de carga en Posiciones 1-2.....	55
Ilustración 26. Histograma del tiempo de carga en Posiciones 3-4.....	56
Ilustración 27. Histograma de tiempo de carga de tres combustibles en Posiciones 1-2. ....	57
Ilustración 28. Pareto de Tiempo Total en Planta 2 .....	59
Ilustración 29. Gráfico de control del tiempo de carga en Planta 2. ....	63
Ilustración 30. Pareto de Tiempo de Carga en Planta 2.....	64
Ilustración 31. Observaciones por rack en Planta 2. ....	65
Ilustración 32. Pareto del porcentaje de utilización en Planta 2.....	66
Ilustración 33. Recorrido de camiones en Planta 2. ....	67
Ilustración 34. Distribución de líneas de espera en Planta 2.....	68

Ilustración 35. Parque vehicular de Guatemala .....	70
Ilustración 36. Parque vehicular de Guatemala en los próximos diez años. ....	70
Ilustración 37. Dispositivo innovador que contribuye a la reducción del impacto ambiental. ....	72
Ilustración 38. Representación frontal de la propuesta de mejora al sistema de carga en Planta 1. ....	75
Ilustración 39. Representación isométrica de la propuesta de mejora al sistema en Planta 1. ....	75
Ilustración 40. Representación del rack con las mejoras en Planta 1. ....	76
Ilustración 41. Vista planta de los racks con mejoras en Planta 1. ....	76
Ilustración 42. Modelo de simulación en ARENA para Planta 1. ....	77
Ilustración 43. Resultados de simulación para Planta 2. ....	78
Ilustración 44. Resultados de simulación de las primeras cuatro horas de operación en Planta 1. ....	79
Ilustración 45. Representación frontal de la propuesta de mejora al sistema de carga en Planta 2. ....	81
Ilustración 46. Representación isométrica de la propuesta de mejora al sistema en Planta 2. ....	81
Ilustración 47. Representación del rack con las mejoras en Planta 2. ....	82
Ilustración 48. Vista planta de los racks con mejoras en Planta 2. ....	83
Ilustración 49. Modelo de simulación en ARENA para Planta 2. ....	84
Ilustración 50. Resultados de simulación para Planta 2. ....	84
Ilustración 51. Resultados de simulación de las primeras cuatro horas de operación en Planta 2. ....	85
Ilustración 52. Primera propuesta para mejora en la salida de camiones en Planta 1. ....	87
Ilustración 53. Segunda propuesta para mejora en la salida de camiones en Planta 1. ....	88
Ilustración 54. Propuesta de distribución de líneas de espera en Planta 2. ....	89
Ilustración 55. Gráfico de los flujos netos de efectivo de las mejoras en Planta 1. ....	102
Ilustración 56. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión en Planta 1. ....	104
Ilustración 57. Flujos netos de efectivo considerando el mes de instalación en Planta 1. ....	106
Ilustración 58. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión (con instalación) en Planta 1. ....	107
Ilustración 59. Gráfico de los flujos netos de efectivo de las mejoras en Planta 2. ....	117
Ilustración 60. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión en Planta 2. ....	120
Ilustración 61. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión (con instalación) en Planta 2. ....	121

# RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una propuesta de mejora a las operaciones de carga en los camiones dentro las plantas de almacenamiento y distribución mayorista de combustibles de Puma Energy ubicadas en el Puerto San José, Escuintla de la República de Guatemala.

El objetivo general fue realizar una propuesta que redujera por lo menos un 10% el tiempo de carga. Con respecto a este objetivo, se logró demostrar que es posible reducir dicho tiempo desde un 23.89% hasta un 40.11%, dependiendo la situación y la planta. Esto toma relevancia cuando se considera que una reducción en el tiempo de carga conlleva a un aumento en la capacidad de atención, la cual se vería incrementada desde 50% hasta 54.55% en el mismo tiempo de operación.

El procedimiento de las operaciones de carga inicia desde que la unidad de transporte llega a la planta, hasta que se retira de la misma considerando la perspectiva de los pilotos de las unidades, ya que ellos son quienes deben realizar cada procedimiento.

Se identificó el cuello de botella de las plantas, a través de observaciones y obtener el porcentaje de utilización del tiempo destinado para la carga de combustibles respecto al tiempo total de estadía dentro de la planta, concluyendo que las operaciones de carga de combustibles son el cuello de botella.

Se propusieron mejoras para reducir los tiempos de carga, considerando una inversión una inversión de Q.8,598,550.00 para la Planta 1 y Q.6,193,250.00 para la Planta 2. Además, se demostró que es posible incrementar la utilidad de la Planta 1 en 34.65% y un 33.95% para la Planta 2.

# I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, tiene como fin reducir el tiempo en el procedimiento de carga de los camiones de combustible dentro de las plantas almacenadoras. Esto será de gran utilidad para la empresa y los colaboradores de esta, pues permitirá hacer un mejor uso del tiempo y del espacio de las instalaciones, lo que también contribuye a la planificación estratégica de la empresa en sus actividades futuras.

Para poder identificar el procedimiento que las unidades de transporte siguen dentro de las plantas, realizar las observaciones necesarias y conocer más a fondo los equipos, fue necesario realizar varias visitas con diferentes objetivos. Algunas de estas visitas se desarrollaron en los horarios de interés y de mayor congestión; estos horarios corresponden a las madrugadas de los días de interés, lunes y sábado para Planta 1 y Planta 2, respectivamente.

Se realizaron observaciones de los camiones que ingresan a abastecerse de combustible en estas plantas, tanto del tiempo de carga de combustible como el tiempo total de estadía en las plantas. Esto permitió calcular el porcentaje de utilización del tiempo de carga respecto al tiempo en planta, lo que a su vez condujo a la identificación del cuello de botella de las plantas.

Una vez identificadas las situaciones que son las causantes de elevar los tiempos de carga de combustible, se procedió a realizar una propuesta de mejora para la reducción del tiempo de carga y la distribución de las líneas de espera en cada planta. Para darle validez a las propuestas, se realizaron simulaciones de los procesos con las mejoras instaladas en el software ARENA, el cual arrojó resultados sorprendentes en el sentido que no solo es posible reducir el tiempo de carga, sino que esto lleva a un importante aumento en la capacidad de atención.

Una vez demostrado que las propuestas tienen potencial para beneficiar las operaciones de carga de combustible, se procedió a realizar cotizaciones para saber a cuánto asciende la inversión necesaria para implementarlas. Una vez se tuvo el resultado de las cotizaciones, se procedió a realizar un análisis para estimar el incremento de las utilidades en cada planta gracias a la implementación de las mejoras.

Finalmente se hizo un análisis del periodo de recuperación de las inversiones, donde se incluyó otro análisis, incluyendo las pérdidas por detener completamente las operaciones de las plantas. Los periodos de recuperación son relativamente cortos, pero comparándolos entre sí, se demuestra que los hidrocarburos son un negocio de volumen y no de grandes márgenes unitarios, incluso pueden generarse pérdidas por no cumplir las ventas mínimas que cubran los altos costos fijos.

## II. OBJETIVOS

Para llevar a cabo el presente trabajo, se definió el objetivo general, el cual es necesario dividirlo en metas más pequeñas que guíen la ruta a seguir para el cumplimiento, por ello se plantearon los objetivos específicos.

A continuación, se muestran los objetivos planteados:

### A. GENERAL

Proponer mejoras para el proceso de carga de camiones dentro de las dos plantas almacenadoras de Puma Energy, ubicadas en el Puerto San José, Escuintla, que reduzca el tiempo de carga en un 10% y la distribución de camiones en línea de espera, en base a las condiciones actuales.

### B. ESPECÍFICOS

1. Definir la situación actual del sistema de carga de combustible en los camiones que se abastecen en las dos plantas almacenadoras, mediante la diagramación del proceso.
2. Identificar el cuello de botella en el proceso de carga de los camiones dentro de las dos plantas almacenadoras, mediante el porcentaje de utilización del tiempo de carga respecto al tiempo de estadía en planta.
3. Establecer la inversión de la implementación de mejoras mediante una propuesta de CAPEX.
4. Estimar el incremento de las utilidades de Puma Energy, debido a la implementación de las propuestas de mejora durante el primer año a través de la estimación de ingresos y costos de las operaciones de carga.

### III. JUSTIFICACIÓN

La carga de combustible en los camiones dentro de las terminales de Puma Energy representa un reto en cada día de operación, en especial por garantizar la seguridad de los diferentes activos y el personal en cada procedimiento. Esta tarea se vuelve más complicada cuando se consideran aspectos como la hora de operación, ya que, existen municipios de la República de Guatemala que deben ser abastecidos antes de los horarios que restringen la circulación del transporte pesado.

En ambas plantas, los días de mayor congestión son diferentes, y es en estos días que la empresa desea que se realice el presente trabajo de graduación, ya que aportaría una solución para los momentos de mayor congestión. Por lo tanto, el presente trabajo limita el análisis de las primeras cuatro horas de operación en ambas plantas, en el día lunes para la Planta 1 y el sábado para la Planta 2.

Para el presente trabajo, solamente se consideran las gasolinas regular y súper, así como también el diésel. Esto es debido a que son los combustibles de mayor demanda, no solo en las plantas a tratar en este trabajo, sino que a nivel nacional. Estos combustibles representan un porcentaje muy considerable de los ingresos de las plantas (en Planta 2 solo se surten estos combustibles), debido principalmente a la alta demanda que la misma población del país genera mediante las estaciones de servicio.

Además, un proceso de carga más eficiente ayudará a orientar las actividades de las plantas, de los colaboradores de estas, e impulsará el aumento en los ingresos, ya que se podría atender a más clientes en la misma cantidad de tiempo, lo que también genera un incremento en la satisfacción de los mismos, ya que obtienen su producto en un menor tiempo.



## IV. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente trabajo de graduación, se deben conocer definiciones relacionadas al giro de negocio, aspectos legales relacionados a la industria petrolera nacional, descripción de la empresa Puma Energy y contexto general del municipio del Puerto San José, Escuintla. Esto con el propósito de delimitar los aspectos mínimos con los cuales deben cumplir las instalaciones de plantas de almacenamiento de Puma Energy, y aquellos relacionados al transporte de combustible.

### A. DEFINICIONES

Dentro de esta sección se han definido tres apartados que engloban cada uno distintos conceptos. El primero consiste en describir las definiciones generales relacionadas con las terminales de almacenamiento. El segundo apartado busca describir las definiciones técnicas que explican las propiedades químicas del producto, en este caso el combustible a cargar y transportar. Y finalmente, en las definiciones de la planta se describen los términos utilizados por la empresa y los colaboradores dentro de las plantas de almacenamiento.

#### 1. DEFINICIONES GENERALES

A pesar que la sección B del Marco Teórico se refiere exclusivamente a la legislación guatemalteca, es necesario recurrir a ella en este apartado para poder extraer las definiciones generales de los términos que se utilizaran posteriormente.

Para iniciar con esta sección iniciaremos con la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, constituida en el Decreto 109-97 del Congreso de la República de Guatemala, la cual norma diferentes aspectos de la comercialización, como los son las terminales de almacenamiento y el transporte, por lo que es importante iniciar con las definiciones de esta.

El Artículo 3 de la Ley mencionada anteriormente, hace referencia a las definiciones que tienen el efecto legal, por lo que son de interés las siguientes:

- **Almacenador:** *Es toda persona individual o jurídica, autorizada para operar instalaciones de almacenamiento de petróleo y productos petroleros.*
- **Depósito de Petróleo y Productos Petroleros:** *Es toda instalación integrada por uno o más tanques de almacenamiento, tuberías, áreas de recepción y despacho de productos, con sistemas de seguridad industrial, ambiental y demás equipos e instalaciones conexas.*

- **Exportador:** Es toda persona individual o jurídica, autorizada para remesar fuera del país, petróleo y productos petroleros.
- **Importador:** Es toda persona individual o jurídica, autorizada para ingresar al territorio nacional, petróleo y productos petroleros.
- **Cadena de Comercialización:** Toda actividad relacionada con la importación, exportación, almacenamiento, transporte, envasado, expendio y consumo de petróleo y productos petroleros.
- **Transporte Estacionario:** Conjunto de tuberías para transportar petróleo y productos petroleros entre puntos determinados, que incluye estaciones de bombeo, facilidades de almacenamiento y demás equipo para el control de presión, temperatura y volumen; su instalación es permanente y no expuesta a movimiento o alteración ya sea superficial o subterránea.
- **Venta al por Mayor:** Es toda venta a granel que se efectúa en las refinerías, plantas de transformación y terminales de almacenamiento de petróleo y productos petroleros.

Estas definiciones son importantes, ya que los análisis que realizaremos son dentro de instalaciones donde se realizan los procesos de importación y exportación de diferentes productos petroleros.

Las instalaciones también cuentan con más de dos tanques de almacenamiento de producto, tuberías para despacho del mismo, sus propios sistemas de seguridad industrial. Además, se realiza el expendio de productos a diferentes clientes, quienes pueden ingresar a las instalaciones en áreas limitadas y seguras para el despacho de los diferentes productos.

Continuando con las definiciones del artículo, se tienen:

- **Denominación:** Nombres o títulos que se otorgan a los diversos productos para facilitar su identificación y divulgación referido a un ámbito de aplicación.
- **Especificación:** Es la serie de caracterizaciones físico-químicas que se establece bajo ciertas condiciones para la aceptación de un producto.
- **Hidrocarburo:** Compuesto formado de los elementos carbono e hidrógeno, cualquiera que sea su estado físico.
- **Petróleo:** Líquido natural aceitoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos que se extrae de lechos geológicos continentales o marítimos. Mediante procesos de destilación, refinación y petroquímica, se obtienen de él diversos productos utilizables con fines energéticos o industriales.
- **Productos petroleros:** Productos gaseosos, líquidos o sólidos, derivados del gas natural o resultantes de los diversos procesos de refinación del petróleo. Los productos petroleros comprenden: metano, etano, propano, butano, gas natural, naftas, gasolinas, kerosinas, diésel, fuel oil y otros combustibles pesados, asfaltos, lubricantes y todas las mezclas de los mismos y sus subproductos hidrocarbúrficos.
- **Galón:** Hace referencia al galón americano, que es equivalente a tres litros con setecientos ochenta y cinco milésimas de litro (3.784 L). Esta es la unidad en la que se venden los combustibles en las terminales almacenadoras.

La función de estas definiciones es indicar qué tipo de características tienen los productos que son despachados a los clientes en las instalaciones a analizar. En el siguiente apartado se darán las definiciones de cada producto, utilizando la *Nómina de Productos Petroleros*, la cual establece los parámetros que debe cumplir cada producto.

## 2. DEFINICIONES TÉCNICAS

Para comprender la Nómina de Productos Petroleros, emitida por el Ministerio de Energía y Minas, es necesario estandarizar las definiciones por las que se detallan los productos. Para ellos se utilizan los siguientes términos, los cuales describen de forma cuantitativa y cualitativa los parámetros que debe cumplir cada producto petrolero.

- **API:** Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute).
- **ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
- **°C:** Grados Celcius (unidad de temperatura).
- **°F:** Grados Fahrenheit (unidad de temperatura).
- **L:** Litro (unidad volumétrica).
- **cm<sup>3</sup>:** Centímetros cúbicos (unidad volumétrica).
- **máx.:** Máximo.
- **mín.:** Mínimo.
- **mm<sup>2</sup>/s:** milímetros cuadrados por segundo (unidad de viscosidad cinemática).
- **%vol:** Porcentaje en volumen.
- **Agua y Sedimento:** Es una medida del volumen de agua y del sedimento insoluble que se encuentran presentes en el petróleo crudo y sus derivados, la cual se determina bajo condiciones de prueba específica.
- **Azufre mercaptano:** Compuestos sulfurados que presentan el radical RSH. donde R puede ser una cadena Carbono (C) - Hidrógeno (H) abierta o cerrada y S representa el Azufre en la molécula.
- **Cenizas:** Residuo remanente después de que una muestra de combustible ha sido calentada en un crisol a una temperatura de 775°C (1427°F).
- **Color ASTM:** Método visual para la determinación del color de productos petroleros, utilizando para ello un medidor de color denominado colorímetro.
- **Corrosión de la tira de cobre:** Determinación cualitativa del poder corrosivo de los productos petroleros, con base en el efecto que provocan sobre una tira de cobre, luego que la misma se ha mantenido sumergida en el producto bajo determinadas condiciones de prueba.
- **Estabilidad a la oxidación:** Propiedad de los derivados del petróleo de ser estables a las reacciones de oxidación, durante su almacenamiento; es decir, la resistencia a la acción de procesos de oxidación que tienen a formar gomas, sedimentos y otros productos de oxidación.
- **Gomas:** Productos formados como consecuencia de la oxidación lenta de los combustibles durante su almacenamiento. Son solubles en las gasolinas, kerosenes y otros, presentándose las mismas como un residuo pegajoso y gomoso, al evaporarse el combustible.
- **Prueba Doctor:** Prueba cualitativa para determinar la presencia de mercaptanos.
- **Punto de escurrimiento:** Es la menor temperatura en números múltiplos de 3°C, en la cual la muestra todavía fluye, cuando es sometida a enfriamiento bajo condiciones definidas.
- **Punto de enturbamiento:** Es la menor temperatura en que se observa nieve o turbidez en la muestra, indicando el inicio de la cristalización de la misma, cuando es sometida a enfriamiento continuo.
- **Punto de inflamación:** Temperatura a la cual el producto se vaporiza en cantidad suficiente para formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse momentáneamente cuando se le acerca una llama.
- **Recuperación por destilación:** Volumen de la muestra evaporada que se ha recuperado por condensación.
- **Residuo de destilación:** Volumen de la muestra evaporada que no se recupera y queda como residuo líquido. Es la temperatura a la cual un cierto porcentaje del combustible se evapora.

- **Viscosidad cinemática:** Cociente de la viscosidad absoluta y la densidad.
- **Gravedad específica:** Relación de la masa de un volumen dado de un líquido a 15,56°C (60°F) respecto a la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura.
- **Gravedad API:** Es una función especial de la densidad relativa (gravedad específica) a 15.56°C/15.56°C (60°F/60°F). definida ésta como la relación de la masa de un volumen dado de un líquido a 15.56°C (60°F) con la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura. La gravedad API se calcula así:

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Gravedad\ Específica} - 131.5; \text{ con un líquido a } 15.56^{\circ}C (60^{\circ}F)$$

- **Hidrocarburos aromáticos:** Son hidrocarburos insaturados que presentan uno o más anillos bencénicos en su molécula.
- **Índice de cetato calculado:** Representa una estimación del Número de Cetano (calidad de ignición) para combustibles destilados, calculado a partir de la Densidad o Gravedad API y de la temperatura de destilación al obtener el 50% de evaporado, por medio de la fórmula o nomograma.
- **Número de Octanos Método Pesquisa (RON):** Corresponde a sus iniciales en inglés "Research Octane Number". Es el % volumétrico de iso octano (2,2,4-trimetilpentano) con base de 100 octanos en una mezcla de n-heptano con base 0 octanos, que detona con la misma intensidad que la muestra patrón (cuando son comparadas usando un motor de prueba).
- **Número de Octanos Método Motor (MON):** Corresponde a sus iniciales en inglés "Motor Octane Number", la definición de esta característica es la misma que para el RON, pero las condiciones de la prueba son más severas, utilizando mayores revoluciones del motor de prueba.
- **Índice de Octano:** Conocido en inglés como "Octane Index", se calcula así:

$$\text{Índice de Octano} = \frac{RON + MON}{2}$$

- **Número de Cetato:** Es el porcentaje (%) volumétrico de cetato (n-hexadecano) en mezcla con 1 metil-naftaleno, que produce un combustible con la misma calidad de ignición que una muestra patrón. Físicamente el Número de Cetano representa el retardo de la ignición, es decir un mayor Número de Cetano implica un menor retardo de la ignición del combustible.
- **Olefinas:** Clase de hidrocarburo con uno o más enlaces dobles en su estructura de carbono.
- **Oxigenados:** Alcoholes y éteres que contienen carbono, hidrógeno y generalmente un átomo de oxígeno. Los oxigenados pueden ser utilizados como reforzadores de octanaje o diluyentes de la gasolina.
- **Pérdida por destilación:** Es el volumen de la muestra inicial menos la suma del residuo y el recuperado por destilación.
- **Presión de vapor manométrica:** Presión ejercida por el vapor de un líquido cuando dicho vapor está en equilibrio con el líquido, medido a través de un manómetro.

A continuación, se muestra la definición de los productos, para la cual es necesario recurrir a la misma Nómina de Productos Petroleros, pero también consultar las diferentes normas ASTM con las cuales se definen las características. Puede encontrar en el Anexo I, la referencia de las normas ASTM que se hacen mención en la Nómina de Productos Petroleros.

Los productos serán definidos en base a la última versión (hasta la redacción del presente trabajo) publicada de la Nómina de Productos Petroleros, la cual, cobró vigencia en noviembre de 2017, mediante el Acuerdo Ministerial 211-2017, emitido por el Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala.

Los productos que son de interés dentro de esta nómina son la gasolina superior, gasolina regular y el diésel (aceite combustible diésel), estos tienen las siguientes especificaciones:

**Gasolina superior**

Cuadro 1. Especificaciones Gasolina Superior.

<b>Característica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Métodos ASTM</b>	<b>Valores</b>
Aditivos	-	-	Reportar
Color	-	Visual	Rojo
Contenido de Plomo	g Pb/L	D-3237	0.013 máx.
Corrosión tira de cobre (3h, 50°C)	-	D-130	No. 1 máx.
Estabilidad a la oxidación, tiempo de descomposición	Minutos	D-525	240 min
Contenido total de azufre	% de masa	D-2622	0.10 máx.
Prueba Doctor o Azufre Mercaptano	% de masa	D-4952 o D-3227	Negativa o 0.003 máx.
Presión de vapor REID a 37.8°C	kPa (psi)	D-323	69 (10) máx.
Gravedad API a 15.56°C o densidad a 15°C	°API o kg/m <sup>3</sup>	D-287 o D-1298	Reportar
Gomas existentes (lavado con solvente)	mg/100 mL	D-381	4 máx.
<u>Destilación:</u>			
10% recuperados	°C	D-86	65 máx.
50% recuperados	°C		77-121
90% recuperados	°C		190 máx.
Punto final de ebullición	°C		225 máx.
Residuo	% de volumen		2 máx.
<u>Número de octanos:</u>			
RON	-	D-2699	95.0 mín.
Índice de Octano	-	D-2699	89 mín.
(RON+MON)/2	-	D-2700	89 mín.
Contenido de Aromáticos	% de volumen	D-1319	Reportar
Contenido de Olefinas	% de volumen	D-1319	Reportar
Contenido de Benceno	% de volumen	D-3606	Reportar
Oxígeno	% de volumen	D-4815	Reportar

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos.

**Gasolina regular**

Cuadro 2. Especificaciones Gasolina Regular.

<b>Característica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Métodos ASTM</b>	<b>Valores</b>
Aditivos	-	-	Reportar
Color	-	Visual	Anaranjado
Contenido de Plomo	g Pb/L	D-3237	0.013 máx.
Corrosión tira de cobre (3h, 50°C)	-	D-130	No. 1 máx.
Estabilidad a la oxidación, tiempo de descomposición	Minutos	D-525	240 mín.
Contenido total de azufre	% de masa	D-2622	0.10 máx.
Prueba Doctor o Azufre Mercaptano	% de masa	D-4952 o D-3227	Negativa o 0.003 máx.
Presión de vapor REID a 37.8°C	kPa (psi)	D-323	69 (10) máx.
Gravedad API a 15.56°C o densidad a 15°C	°API o kg/m <sup>3</sup>	D-287 o D-1298	Reportar
Gomas existentes (lavado con solvente)	mg/100 mL	D-381	4 máx.
<u>Destilación:</u>			
10% recuperados	°C	D-86	65 máx.
50% recuperados	°C		77-121
90% recuperados	°C		190 máx.
Punto final de ebullición	°C		225 máx.
Residuo	% de volumen		2 máx.
<u>Número de octanos:</u>			
RON	-	D-2699	88 máx.
Índice de Octano	-	D-2699	83.0 mín.
(RON+MON)/2	-	D-2700	83.0 mín.
Contenido de Aromáticos	% de volumen	D-1319	Reportar
Contenido de Olefinas	% de volumen	D-1319	Reportar
Contenido de Benceno	% de volumen	D-3606	Reportar
Oxígeno	% de volumen	D-4815	Reportar

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos.

**Diésel (Aceite Combustible Diésel)**

Cuadro 3. Especificaciones Diésel.

<b>Característica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Métodos ASTM</b>	<b>Valores</b>
Apariencia	-	D-4176	Claro y brillante
Aditivos	-	-	Reportar
Color ASTM	-	D-1500	Reportar
Índice de cetano calculado	-	D-976	45 mín.
Número de cetano	-	D-613	45 mín.
Corrosión tira de cobre 3 h, 50°C	-	D-130	No. 2 máx.
Contenido de cenizas	Fracción de masa (% masa/masa)	D-482	0.0001 (0.01) máx.
Contenido de azufre total	Fracción de masa (% masa/masa)	D-129	0.0005 (0.05) máx.
Residuo de carbón Conradson en 10% residuo o Residuo de carbón Ramsbottom en 10 % residuo	Fracción de masa (% masa/masa)	D-189 o D-524	0.0010 (0.10) máx. o 0.0013 (0.13) máx.
Agua y sedimentos	Fracción de Volumen (% volumen/volumen)	D-2709	0.0005 (0.05) máx.
Punto de inflamación (Flash Point)	°C	D-93	52 mín.
Gravedad API a 15,56 °C (60 °F) o densidad a 15 °C	°API kg/m <sup>3</sup>	D-287 o D-1298	Reportar
Punto de escurrimiento	°C	D-97	Reportar
Punto de enturbamiento	°C	D-2500	10 máx.
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	D-445	1.9 - 4.1
<u>Destilación:</u> 10% recuperados 50% recuperados 90% recuperados Punto final de ebullición	°C °C °C °C	D-86	Reportar Reportar 360 máx. Reportar
Aromáticos	Fracción de Volumen (% volumen/volumen)	D-1319	Reportar

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos.



### 3. DEFINICIONES DE PLANTA

Como en toda institución, existen términos que se utilizan en el día a día que no necesariamente corresponden a los términos correctos o en algunos casos, científicos. Por este motivo, se incluye un apartado especial para los términos que el personal de planta utiliza dentro de las instalaciones, y el lector pueda comprenderlos a medida que avanza el presente trabajo.

- **Planta:** Es referente a lo que en la legislación se conoce como *Terminal de Almacenamiento*.

*Ilustración 1. Planta Puma Energy, Puerto San José, Escuintla.*



Fuente: Jonathan Glynn-Smith.

- **Rack:** Plataforma (*railcar loading*) formada por conjuntos de mecanismos mecánicos (tuberías, válvulas, controladores electrónicos, conexiones a tierra, etc.) y de seguridad (pasarela móvil, línea de vida, arnés, sistemas contra incendios, etc.) donde se realiza el proceso de carga de combustible en los camiones cisterna. En inglés es conocido como *loading rack*. Para este trabajo se considera como una posición de carga.

Ilustración 2. Posiciones de carga (Izquierda y derecha).



Fuente: Fotografía propia.

- **Brazo:** Conjunto de tuberías por las que se hace el intercambio de combustible de la planta al camión cisterna. Es importante recalcar que es uno por cada tipo de combustible.

Ilustración 3. Brazo de carga superior Emco Wheaton WE2800.



Fuente: SERTECES.

- **Área de carga/racks:** Conjunto de racks, pero incluye la galera que cubre los racks y el área de filtros y bombas.

Ilustración 4 Área de carga y bombas



Fuente: Fotografía propia.

- **Rackero:** Colaborador de la planta que se encarga de la administración del rack.
- **Tiempo de carga:** Tiempo desde que el piloto de la unidad a cargar estaciona el camión y lo detiene completamente, hasta que lo enciende para retirarse el área de carga. Este tiempo incluye la conexión a tierra por parte del piloto, operaciones del rackero (digitar orden en el sistema electrónico, verificación de conexión a tierra, indicaciones de que combustible cargará, etc.) carga de combustible por parte del piloto, colocación de marchamos, desconexión a tierra hasta el arranque de la unidad para el retiro del área.

## B. LEGISLACIÓN GUATEMALTECA

En el apartado anterior, se hizo mención a las definiciones que se utilizan en el presente trabajo, ya sean legales, técnicas o propias, pero es muy importante recordar que, en la legislación guatemalteca existen ciertos aspectos que la empresa y las unidades de transporte deben cumplir. Esto no solo para poder iniciar sus operaciones y servicios, sino que para mantenerse operando a lo largo del tiempo. Por ello, se extraen los aspectos que, tanto Puma Energy como las unidades de transporte, deben cumplir, para operar y hacerlo de forma segura, cumpliendo lo que establece la Ley de Comercialización de Hidrocarburos.

Dentro del Decreto 109-97, también se hace mención a cuál es la dependencia competente para atender los asuntos relacionados a la comercialización de hidrocarburos. El artículo 4 de dicho decreto, indica que la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, es la encargada de velar por la eficacia y garantía del abastecimiento de los productos en el país, así como la aplicación de la ley.

Lo anterior toma relevancia para la propuesta de mejora, ya que, será dicha dirección la que deberá conocer y autorizar, en caso que Puma Energy tome la decisión de implementarla.

En el apartado anterior, se mostraron las especificaciones de los productos petroleros que se despachan en las instalaciones de estudio. Se mencionó que estas son normadas en la Nómina de Productos Petroleros, la cual, según el artículo 10 de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, debe ser actualizada todos los años en el mes de noviembre y publicarse para el conocimiento público.

Ya que el objeto de estudio es el tiempo de carga de los camiones en las terminales (plantas almacenadoras), es importante conocer la legislación de ambos.

Las plantas almacenadoras y el transporte deben contar con seguros, para ello el artículo 53 indica que *“deben contar con seguros por daños causados a personas, bienes materiales y medio ambiente, por los montos y características de los riesgos potenciales a que están expuestas las actividades de refinación, transformación y comercialización de petróleo y productos petroleros”*. Es de suma importancia que cuenten con este tipo de seguros, ya que es un requisito que se debe presentar en la Dirección General de Hidrocarburos.

A continuación, se muestra lo normado en la ley para las plantas almacenadoras, el transporte, la seguridad industrial y ambiental que es muy importante en esta industria.

## 1. Plantas almacenadoras de combustible

Debido a que la empresa propietaria de las plantas almacenadoras de estudio, Puma Energy, abastece estas mediante la importación de los productos que despacha a sus clientes, se debe hacer referencia a esto.

En el Artículo 11 de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, se indica que *“Toda persona individual o jurídica podrá ingresar al territorio nacional petróleo y productos petroleros por cualquier medio de transporte adecuado, cumpliendo con lo prescrito en la ley. Quienes importen petróleo y productos petroleros para comercializarlos, deberán venderlos a toda persona, sin distingo alguno, que posea licencia para transformar, refinar, transportar y operar depósitos para expender y para consumo propio”*, esto significa que Puma Energy tiene el derecho a importar petróleo y productos derivados del mismo, así como también tiene la obligación de venderlo sin diferenciación entre clientes (que también deben cumplir con licencias). En este punto se enfoca el presente trabajo de graduación, en la venta de los combustibles al por mayor (carga en camiones), específicamente el tiempo de carga.

Posteriormente, en el Capítulo III de la misma ley, referente al almacenamiento se norma lo siguiente:

**Artículo 17. TERMINALES DE ALMACENAMIENTO.** Toda persona individual o jurídica podrá almacenar para sí o para terceros, petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio o para su comercialización, cumpliendo con la ley y su reglamento, y leyes ambientales. Quienes almacenen petróleo y productos petroleros para comercializarlos, deben venderlos a toda persona individual o jurídica, sin distingo alguno, que posea licencia para transformar, transportar, operar estaciones de servicio, expendios de GLP, exportar y para consumo propio.

Este artículo es muy parecido al de la importación, pero con la diferencia que ya se aclara el derecho de Puma Energy a almacenar productos petroleros, y también la obligación que tiene de venderlo sin diferenciación a los clientes, quienes también deben poseer licencias y permisos.

Posteriormente, el artículo 19 de la misma ley, indica que el titular de la licencia de almacenamiento, en este caso Puma Energy, debe cumplir con las especificaciones de calidad mostradas con anterioridad (Nómina de Productos Petroleros), así como proporcionar las muestras que la Dirección General de Hidrocarburos considere necesarias y cumplir las normas de seguridad industrial y ambiental.

El artículo 29, es referente a otros tipos de licencias que deben tramitarse en la Dirección General de Hidrocarburos, como lo son las licencias para modificar terminales de almacenamiento y la calibración del equipo de despacho o surtidores. Este artículo cobra importancia cuando se tiene una visión de una posible modificación en las terminales en base a las propuestas de mejora del presente.

Para la vigencia de las licencias, el artículo 30 indica que las terminales de almacenamiento tienen vigencia indefinida a partir de la fecha de emisión de las licencias de operación. Las licencias para ampliar o modificar las terminales cuentan con una vigencia de cinco años.

Luego, en el Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, que entra en vigor gracias al Acuerdo Gubernativo 522-99, también se norma lo siguiente con referencia a las terminales de almacenamiento:

En el artículo 8 de dicho reglamento se establecen las categorías de las instalaciones, por lo que para el caso de las terminales de Puma Energy que forman parte del estudio, ambas son de Categoría B, ya que estas tienen una capacidad de almacenamiento superior a cuarenta mil (40,000) galones de productos petroleros.

Ya que las instalaciones son catalogadas de Categoría B, estas deben tener como mínimo las siguientes áreas: tanques de almacenamiento, sistema de tuberías de carga y descarga, área de recolección y tratamiento de derrames de productos, área de carga y descarga de unidades de transporte, oficinas administrativas y laboratorio.

El artículo 47 del mismo reglamento, habla acerca de las licencias de modificación de instalaciones, y se requerirá licencia para modificación de las terminales cuando la modificación no esté contemplada en el diseño original o implique un incremento mayor al 30% de la capacidad (almacenamiento o suministro).

## 2. TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE

Al igual que las terminales de almacenamiento, el transporte de combustibles en el país tiene una normativa legal que debe ser cumplida. Para conocer dicha legislación, también se hace una revisión a la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, la cual indica lo siguiente:

**Artículo 20. TRANSPORTISTA.** Toda persona individual o jurídica podrá prestar los servicios de transporte de petróleo y productos petroleros, utilizando unidades móviles o sistemas estacionarios desde las instalaciones de suministro hasta los puntos de destino, cumpliendo con lo prescrito en la ley.

Este artículo le da el derecho a toda persona a transportar hidrocarburos al por mayor, siempre y cuando cumpla con los criterios y licencias necesarias para hacerlo. Es importante mencionar que en las plantas de Puma Energy solamente pueden cargar combustible aquellos camiones que cumplan con los diferentes requisitos legales para transportar esta clase de productos.

**Artículo 22. RESPONSABILIDAD.** El transportista es responsable de que los productos que transporte no sean sometidos a adulteración, alteración y extracción indebida de la cantidad consignada; además cumplirá con las normas, sistemas y mecanismos de seguridad industrial y ambiental; también velará por la integridad física de las personas y sus bienes, conforme lo indique la ley.

El transportista tiene una gran responsabilidad, ya que debe velar por la seguridad del producto que transporta, que este no sea alterado en calidad y/o cantidad, los alrededores y las propias personas que se encuentren cerca de los vehículos utilizados para el transporte de hidrocarburos.

El artículo 30 de la misma ley, indica que la vigencia de las licencias de las unidades de transporte de hidrocarburos es de tres años a partir de la emisión de la misma, estas licencias son renovables por periodos iguales, siempre que se realice la solicitud 30 días antes del vencimiento de la licencia vigente.

Luego, en el Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, que entra en vigor gracias al Acuerdo Gubernativo 522-99, también se norma lo siguiente con referencia a las unidades de transporte:

**Artículo 17. LICENCIA DE TRANSPORTE.** La persona interesada en transportar petróleo y productos petroleros, previamente a iniciar operaciones debe obtener Licencia de Transporte de Petróleo o Productos Petroleros, por Unidad Móvil o por Sistema Estacionario, cumpliendo con lo establecido en la Ley y el presente Reglamento.

El titular de la Licencia de Transporte de Productos Petroleros, es el responsable de los derrames, emisión de sustancias, gases o vapores nocivos, por motivo de explosión y ruptura de la unidad de transporte, provocado por malas prácticas de operación, conducción y negligencia en el cumplimiento de medidas de seguridad industrial y ambiental, salvo que se pruebe lo contrario.

Toda unidad de transporte que posea Licencia de Transporte de Productos Petroleros, podrá efectuar la operación de carga por medio de contador cuando los productos sean susceptibles a ser despachados de esa manera, en cualquier planta de almacenamiento, siempre que cumpla las condiciones mínimas de seguridad.

### 3. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

El Decreto 109-97 que da vida a la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, la única mención que hace a la seguridad industrial y ambiental, es que se debe cumplir con las características que aparecen en la Nómina de Productos Petroleros. Sin embargo, el Reglamento de dicha ley, emitido por el Ministerio de Energía y Minas, cuenta con un apartado más amplio y específico para estos temas. A continuación, se muestra lo referente a las plantas almacenadoras y el transporte:

El artículo 49 corresponde a la ubicación de las instalaciones, y respecto a las plantas de almacenamiento *“no deben instalarse dentro de áreas urbanas ni a menor distancia de mil metros de: perímetros urbanos, establecimientos educativos debidamente autorizados, de fábricas, almacenes o ventas de pólvora, salitre y productos pirotécnicos, a partir de sus linderos”*. Pero también se indica que lo anterior no es aplicable en zonas francas o zonas industriales.

La literal b) del artículo 50 corresponde a los sistemas de prevención de incendios en las plantas almacenadoras, e indica lo siguiente:

- b.1. *“Dos extintores de polvo químico seco tipo ABC, con capacidad de 20 libras, a la altura promedio comprendida entre 1.2 y 1.5 metros y libres de obstáculos, por cada tanque instalado, separados por un máximo de quince metros entre uno y otro. En áreas de descarga, carga y otras importantes; además, un extintor por cada doscientos metros cuadrados en áreas aledañas a las anteriores y que sean susceptibles de riesgos de incendios”*.
- b.2. *“Tanques u otro medio de almacenamiento de agua, para asegurar el suministro continuo de agua a la red contra incendios, durante sesenta (60) minutos como mínimo, conforme a la capacidad máxima de su equipo de bombeo; o bien, veinte (20) minutos si se dispone de un pozo de extracción de agua, exclusivamente para el suministro de dicha red”*
- b.3. *“Red de suministro de agua-espuma, en áreas de: almacenamiento, despacho, unidades de consumo y otras de importancia que representen riesgos de incendio; y,”*
- b.4. *“Rótulos preventivos: PROHIBIDO FUMAR, PROHIBIDO INGRESAR SIN AUTORIZACION, ATIENDA SEÑALES E INDICACIONES, INGRESO, SALIDA DE EMERGENCIA, y otros que se consideren adecuados para la seguridad de las personas y de los bienes.”*

El mismo artículo indica que se deben desarrollar programas de capacitación al personal sobre la prevención y contingencia de incendios, así como también simulacros en las instalaciones donde desarrollan.

Como se observa en el artículo mencionado anteriormente, la legislación guatemalteca hace referencia a ciertas normas básicas de seguridad industrial, pero la industria petrolera está consciente del riesgo permanente en sus diferentes instalaciones alrededor del mundo, por lo que se tienen mecanismos más avanzados que los que describe la ley. Más adelante se mencionará un poco la historia de Puma Energy, que es una filial de una transnacional, por lo que sus mecanismos en seguridad superan a los descritos en la ley. Por mencionar algunos, se cuenta con un sistema automático de mezcla de espuma y agua, así como también se mantiene la presión en las tuberías del sistema contra incendios de forma automática y de esta forma garantizar una respuesta rápida en caso de emergencia.

Como se mencionó anteriormente, el Decreto 109-97 no hace mayor referencia a la protección ambiental, y el Reglamento de dicha ley, en el artículo 51, únicamente menciona lo siguiente:

- Los tanques en las plantas de almacenamiento, deben ser rodeados por muros que sean capaces de contener el volumen del tanque de mayor capacidad instalado, más el 10% del resto de los tanques.
- Las plantas de almacenamiento deben contar con equipos de detección de gases o vapores peligrosos, sistemas de recuperación, tratamiento y disposición de derrames y aguas servidas.

A partir del estudio de la legislación guatemalteca en esta sección, se demuestra que los requerimientos exigidos por la ley, en materia de seguridad industrial y ambiental, son deficientes. Sin embargo, la empresa se rige por medidas de seguridad industrial y ambiental internacionales, como lo es la certificación ISO 14001, que la convierte en la única petrolera del país en tener esta certificación (Puma Energy, 2017).

## C. PUMA ENERGY

En 1929 se creó la marca Puma en Argentina, bajo la propiedad de la Compañía General de Combustibles, la cual operaba sus propias estaciones de servicio en dicho país. A medida que la empresa fue invirtiendo en publicidad, la marca se fue posicionando, permitiendo el crecimiento en el número de estaciones que operaban.

En 1997 la transnacional Trafigura de Singapur, adquirió los derechos de la marca Puma, lo que le permitió expandirse a más mercados, como Brasil y Honduras. Hasta ese entonces, Puma solo incursionaba en el sector downstream (distribución y venta minorista); sin embargo, en el año 2002, realizaron inversiones en la República Democrática del Congo, donde se ampliaron las operaciones al sector midstream (almacenamiento y transporte mayorista). En poco tiempo, la empresa fue ganando prestigio en este sector.

Con el pasar de los años, los negocios implementados ganaban prestigio y se realizaban inversiones en diferentes partes del mundo. Al llegar el 2011, Puma Energy adquirió los negocios de comercialización de combustibles de Chevron en una región del caribe. Ese mismo año también adquirió los negocios de ExxonMobil en Belice, El Salvador, Nicaragua, Panamá y en especial, Guatemala.

En Guatemala, Puma Energy cuenta con un almacenamiento total de 1,967,325 de barriles, lo que representa más del 27% de la capacidad de almacenamiento instalada de todos los hidrocarburos en el país. Considerando solo los hidrocarburos que pertenecen al portafolio de Puma Energy, la empresa cuenta con el 32.43% del total de la capacidad instalada en el país para diésel, gasolina súper, gasolina regular, búnker y otros (Dirección General de Hidrocarburos, 2015). Dicha capacidad de almacenamiento es distribuida en cuatro plantas de almacenamiento, dos en Escuintla (donde se enfoca el presente trabajo), una en Puerto Santo Tomás de Castilla y la terminal de asfalto.



En el país, Puma Energy se presenta como el mayor importador y vendedor individual de combustibles como gasolina regular, diésel y bunker; solamente es superado en la importación y venta de gasolina súper. Además, Puma Energy cuenta con más de 250 establecimientos de venta minorista en el territorio guatemalteco. Cabe mencionar, que para el presente estudio solamente se consideran los dos tipos de gasolina (regular y súper) y diésel.

Ilustración 5. Logotipo de Puma Energy



Fuente: Puma Energy

## D. PUERTO SAN JOSÉ, ESCUINTLA

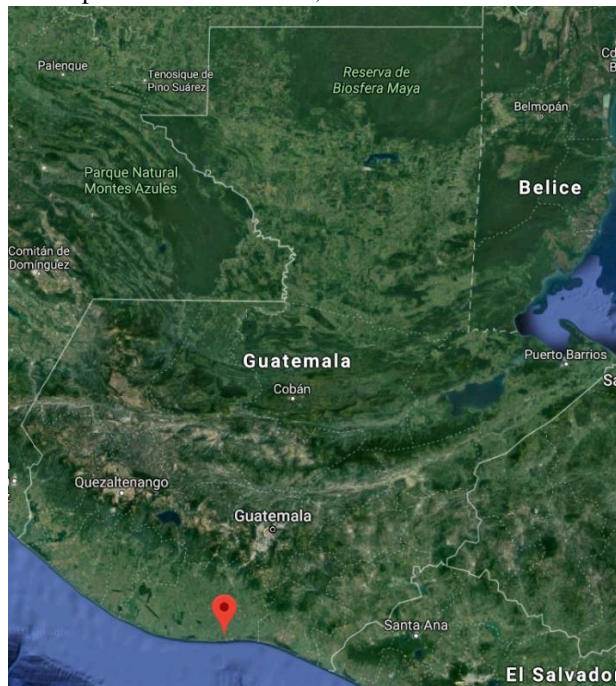
Las plantas de almacenamiento de Puma Energy Guatemala se encuentran ubicadas en el Puerto San José, Escuintla, por lo que a continuación se realiza una breve descripción del municipio y sus condiciones generales.

El Puerto San José es un municipio del departamento de Escuintla de la República de Guatemala, que se encuentra al sur del país y a orillas del Océano Pacífico. Se estima que la población del municipio hasta la redacción de este documento, es de 56,275 habitantes, lo que representa un 7% de la población estimada del departamento (INE, 2013).

El rango de temperatura promedio varía entre 19°C y 33°C, con la observación que raramente supera los 35°C o disminuye los 17°C (Weather Spark, 2018). En cuanto a la presión atmosférica en el municipio, es considerada estable durante el año, ya que oscila entre 101.1kPa y 101.4kPa (Weather Spark, 2018).

Es importante considerar las temperaturas y presiones promedio del Puerto, debido a que los combustibles pueden cambiar su volumen en función de estas, lo que generaría más vapores y por ende una mayor pérdida de combustibles (Chang, 2007).

Ilustración 6. Mapa de la República de Guatemala, con identificación del Puerto San José, Escuintla.



Fuente: Google Maps

## V. SITUACIÓN ACTUAL

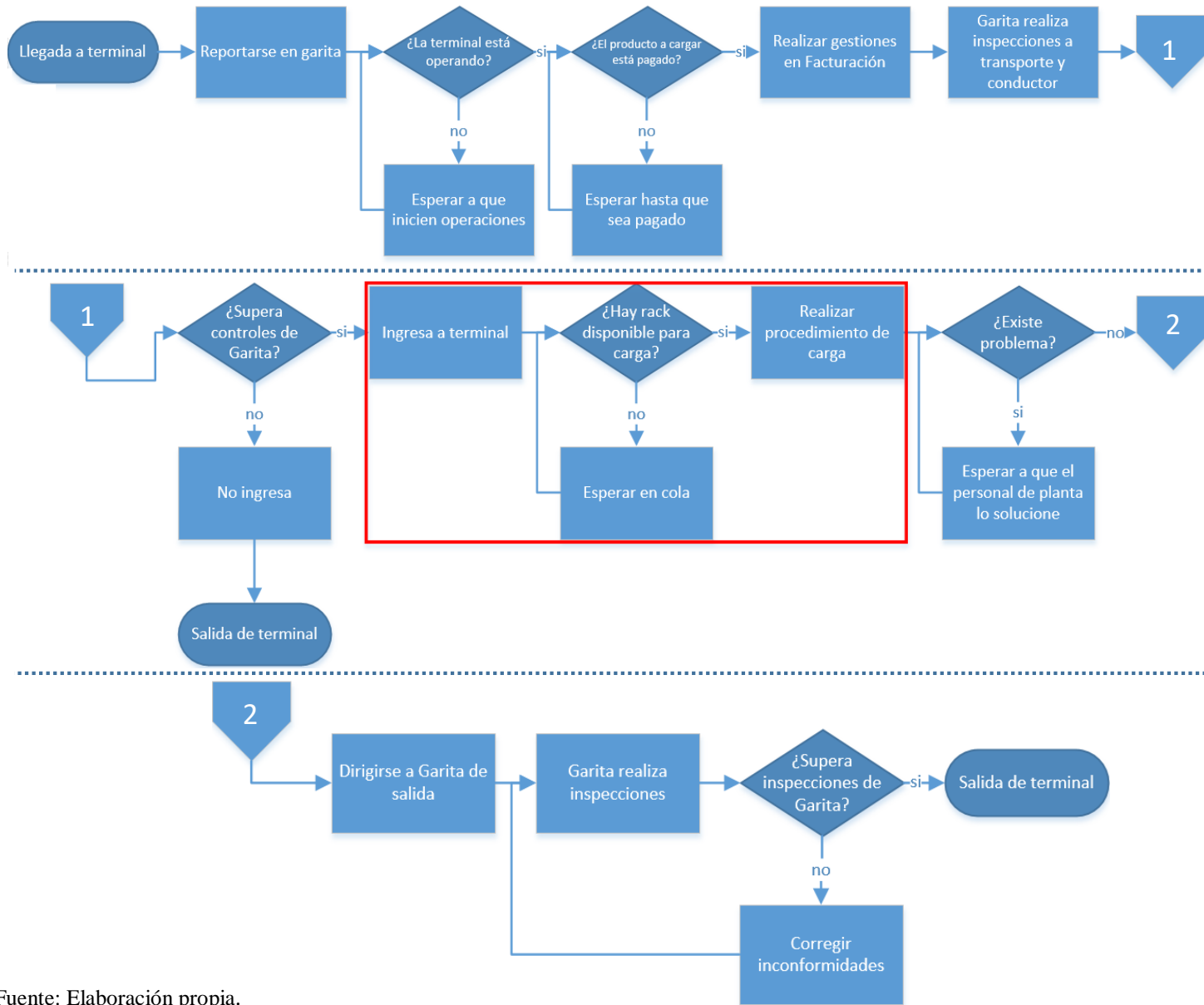
Para poder realizar una propuesta de mejora que reduzca el tiempo de carga de los camiones y ofrezca una alternativa a la organización de las líneas de espera, es necesario conocer la situación actual de las plantas almacenadoras donde se realiza el presente trabajo de graduación. Para ello, debe hacerse un diagnóstico individual, para establecer la línea base que conduzca a propuestas individuales, por lo que a continuación se presenta la situación actual de las dos plantas.

### A. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Debido a que debe establecerse la línea base donde se propondrán las mejoras, es importante conocer todo el procedimiento por el que debe pasar un camión que carga en cualquiera de las plantas.

A continuación, se muestra un diagrama que establece los procedimientos vistos desde la perspectiva de los pilotos de los camiones, y de esta forma conocer los mecanismos para comprender los tiempos de estadía en la planta. El recuadro rojo limita el área donde se enfoca el presente trabajo de graduación que consiste en evaluar el proceso de carga de combustible y las distribuciones de las líneas de espera.

Ilustración 7. Perspectiva de procesos para el piloto.



Fuente: Elaboración propia.

## 1. PLANTA 1

Para el presente trabajo, se utilizó la nomenclatura que utiliza la empresa para nombrar a sus plantas, en este caso Planta 1 hace referencia a Puma 1 (como se nombra internamente), y está ubicada en el Km. 1.2 Carretera a Chulamar, Puerto San José, Escuintla.

A continuación, se muestra la situación actual para la carga de combustible y la distribución de las líneas de espera de los camiones.

### a. SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES

Para establecer una línea base, que permita conocer la situación actual de la planta es fundamental realizar observaciones para tomar el tiempo de carga en el horario de interés de la empresa. En este caso, las horas de interés son las primeras cuatro horas de los días lunes.

Para obtener la cantidad necesaria de observaciones a realizar, se utiliza el método de muestreo, para obtener el tamaño de la muestra (cantidad de camiones a observar) de la población de camiones.

Dado lo anterior, el tamaño de muestra está dado por:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

(Anderson, 2012)

$Z = 1.96$  (considerando un intervalo de confianza de 95%)

$N = 40$  (cantidad promedio de camiones que cargan en el horario y día de interés)

$p = 0.5$  (sin característica de interés, por ello se utiliza 50% de probabilidad a favor)

$q = 1 - p$  (carece de característica de interés, es complementaria a  $p$ , 50% en contra)

$e = 0.05$  (error muestral)

Por lo anterior, se tiene:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 40}{(0.05)^2 * (40 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 36 \text{ camiones}$$

Lo anterior significa que deben realizarse observaciones a 36 camiones que ingresen a la planta a cargar combustibles.

Dicha cantidad de observaciones no solo indica que deben hacerse 36 tomas de tiempo, sino que también complace el Teorema del Límite Central, el cual indica que “*la distribución muestral se puede aproximar mediante una distribución normal siempre que la muestra sea de tamaño 30 o mayor*” (Anderson, 2012).

Esta planta cuenta con once posiciones de carga de camiones, las cuales tienen una nomenclatura en orden alfabético, que van desde la A hasta la K. De estas posiciones, las A, B, C y D no son para abastecer los combustibles de interés del presente trabajo de graduación (diésel, regular y súper) sino que son para abastecer combustibles de aviación (Jet A-1), de uso industrial (FuelOil) y privado.

Por lo anterior, solo fueron considerados los camiones que cargaron en las posiciones E, F, H, I, J y K. La posición G no es considerada, ya que es para carga inferior y durante el periodo de observaciones se encontraba deshabilitada, además, esta comparte espacio físico para el camión con la posición F.

A continuación de muestra una fotografía de la distribución de las posiciones:

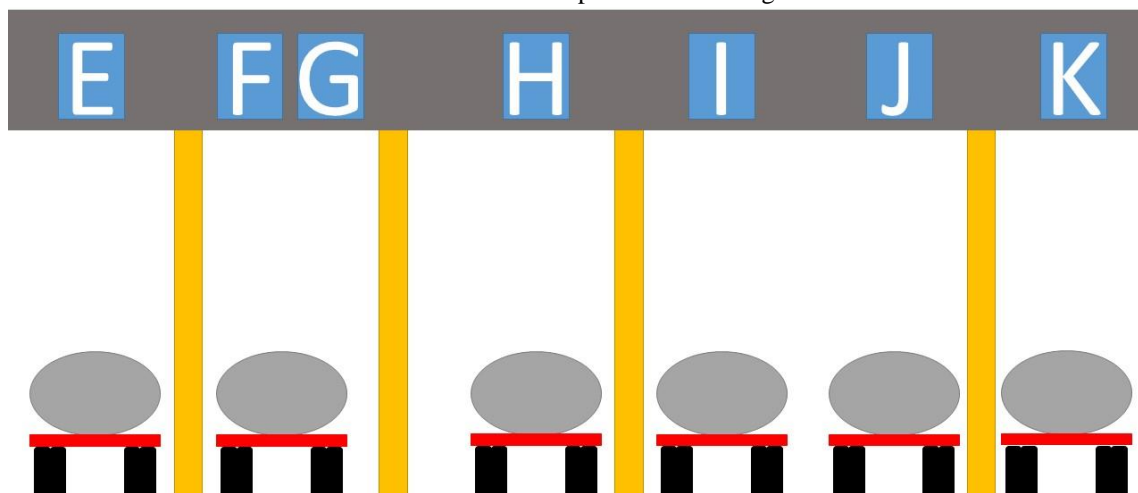
Ilustración 8. Posiciones de carga en Planta 1.



Fuente: Fotografía propia

En la fotografía anterior se muestran todas las posiciones de carga de camiones, por lo que en la siguiente imagen se muestra la distribución de las posiciones de interés:

Ilustración 9. Distribución de las posiciones de carga en la Planta 1.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de las posiciones de carga, los camiones pueden abastecerse mediante los brazos de carga de gasolina súper, gasolina regular y diésel, pero estos brazos no son independientes para cada posición, sino que son compartidos entre ellas (E-F, H-I y J-K).

En las posiciones E-F y J-K se cuenta con dos brazos de diésel, uno de gasolina súper y uno de gasolina regular. Por otra parte, las posiciones H-I cuentan con un brazo de diésel, uno de ULSD (diésel ultra bajo en azufre), uno de gasolina súper y otro de gasolina regular.

Como se mencionó, la posición G se encontraba deshabilitada, pero esta es utilizada para carga inferior y cuenta con un brazo de diésel, uno de combustible de aviación (Jet-A1), uno de gasolina súper y otro de gasolina regular.

Ilustración 10. Distribución de brazos en posiciones H-I.



Fuente: Fotografía propia.

Una vez descrita la distribución de la infraestructura actual, se procede al análisis de las observaciones realizadas, para ello se presenta el resumen del tiempo de estadía dentro de la planta y el tiempo de carga. El cuadro completo se encuentra en el Anexo II.

Cuadro 4. Resumen de observaciones en Planta 1 (h:mm:ss).

<b>Camión</b>	<b>Rack</b>	<b>Tiempo en Planta 1</b>	<b>Tiempo de carga</b>
1	F	1:12	0:46:20
2	I	0:46	0:20:31
3	E	1:07	0:41:38
4	K	0:58	0:21:43
5	J	0:57	0:28:47
6	H	1:17	0:49:17
7	I	1:22	0:40:37
8	K	1:15	0:29:09
9	J	1:16	0:24:55
10	E	1:17	0:15:37
11	F	0:48	0:19:29
12	K	1:27	0:23:44
13	H	0:51	0:14:55
14	E	1:36	0:25:04
15	J	0:44	0:23:48
16	F	0:58	0:36:19
17	E	0:59	0:21:55
18	J	0:47	0:23:42
19	E	1:18	0:46:28
20	J	1:02	0:39:38
21	K	0:47	0:33:21
22	F	0:32	0:19:14
23	H	1:05	0:29:20
24	F	1:21	0:20:53
25	I	0:44	0:36:46
26	H	1:02	0:42:58
27	E	0:52	0:37:26
28	F	1:14	0:41:38
29	K	1:18	0:34:19
30	J	1:22	0:40:12
31	H	1:14	0:38:47
32	I	1:15	0:49:22
33	F	1:22	0:28:19
34	K	1:12	0:26:15
35	E	1:16	0:37:29
36	I	1:24	0:24:54

Fuente: Elaboración propia.

Anteriormente se mostró un resumen de las observaciones realizadas. A continuación, se muestra un cuadro resumen de los más importante que puede extraerse de las observaciones.



Cuadro 5. Condensado de datos observados en Planta 1.

<b>Resumen de datos observados en Planta 1</b>	
Total de observaciones	36
Tiempo de Carga Total	18:54:49
Tiempo de Carga Total (días)	0.7881
Tiempo de Carga Promedio	0:31:31
Tiempo Total en Planta 1	39:57:00
Tiempo Total en Planta 1 (días)	1.6646
Tiempo de estadía Promedio en Planta 1	1:06:35
Efectividad del Tiempo Total en Planta	47.34%
Camiones que cargaron solo diésel	3
Camiones que cargaron gasolina/s y no diésel	3
Camiones que cargaron diésel y una gasolina	1
Camiones que cargaron tres combustibles	29
Cantidad observada en el Rack E	7
Cantidad observada en el Rack F	7
Cantidad observada en el Rack H	5
Cantidad observada en el Rack I	5
Cantidad observada en el Rack J	6
Cantidad observada en el Rack K	6

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en el cuadro anterior, en promedio se utiliza el 47.34% del tiempo total en planta para las operaciones de carga de combustible, el cual no es un porcentaje deseado (el esperado es por lo menos 75%) pero tampoco es tan bajo considerando que no es la única actividad que deben realizar dentro de la planta (facturación, revisión de entrada, revisión de salida, etc.). Este porcentaje es afectado directamente por una causa, la cual es el tiempo de espera (cola) que hacen los camiones dentro de la planta hasta que llega su turno de ser cargados en los racks. Como se mostró en el Cuadro 4, los camiones 13 (tiempo más bajo de carga, 0:14:55) y el 22 (tercer tiempo de carga más bajo, 0:19:14), a su vez cuentan con tiempos de estadía en la planta menores al promedio (51 minutos y 32 minutos respectivamente). Si analizamos los intervalos anteriores, se obtiene una efectividad del tiempo en planta de 29.25% (Camión 13) y 60.10% (Camión 22). Cabe mencionar que los objetos de análisis son el tiempo en planta y el tiempo de carga, por lo que el resto del tiempo es utilizado en las demás actividades que deben realizar los camiones en la planta (Ilustración 7).

Además, se observa que el 80.55% de los camiones cargaron los tres combustibles (diésel, gasolina súper y gasolina regular), el 8.33% cargaron solo diésel, 8.33% cargaron gasolinas y no diésel y el 2.79% cargaron diésel y un tipo de gasolina.

Luego, se procedió a utilizar Microsoft Excel para obtener el resumen de estadísticas descriptivas del tiempo total de estadía en la planta. Cabe mencionar que los datos no pueden ser tratados como horas, minutos y segundos, por lo que deben ser tratados como fracción del día, donde oscilarán entre 0 y 1.

Cuadro 6. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo en Planta 1.

	<b>Estadísticas descriptivas del Tiempo en Planta 1</b>	
	<b>Como fracción del día</b>	<b>h:mm:ss</b>
<b>Media</b>	0.04623843	1:06:35
<b>Error típico</b>	0.00175210	0:02:31
<b>Mediana</b>	0.05000000	1:12:00
<b>Moda</b>	0.05694444	1:22:00
<b>Desviación estándar</b>	0.01051262	0:15:08
<b>Varianza de la muestra</b>	0.00011052	0:00:10
<b>Curtosis</b>	-0.69863936	N/A
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.36406219	N/A
<b>Rango</b>	0.04444444	1:04:00
<b>Mínimo</b>	0.02222222	0:32:00
<b>Máximo</b>	0.06666667	1:36:00
<b>Suma</b>	1.66458333	39:57:00
<b>Cuenta</b>	36	36

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se puede observar que el tiempo promedio que pasa un camión dentro de la planta es de una hora y cuatro minutos, pero este tiempo tiene una desviación estándar de quince minutos y ocho segundos, lo que significa una variación del 22.74% (21.03% si se compara con la mediana).

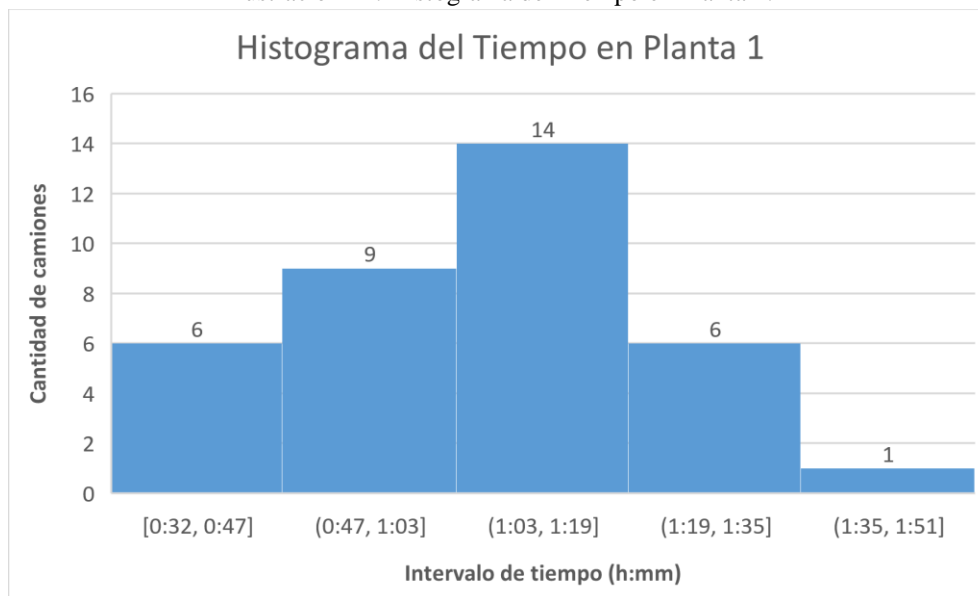
Si bien es cierto que las variaciones obtenidas no son significativas considerando que el tiempo registrado incluye colas de tiempo variable para todos los camiones, e incluso al utilizar la desviación estándar como comparativo para la media, se reduce el porcentaje de variación; es prudente evaluar la normalidad de los datos, para esto, se utilizan dos criterios simples pero fundamentales.

El coeficiente de asimetría para este caso es de -0.3640, el cual no supera significativamente al cero esperado (lo más cercano a cero), por lo que este parámetro es satisfactorio (si fuese mayor a uno sería significativo) y puede continuarse asumiendo normalidad en los datos.

El siguiente criterio es la curtosis. Para este caso se tiene una curtosis de -0.6986, lo que significa que las colas de la distribución no son tan pronunciadas, y al considerar el criterio anterior, la cola de la derecha es más pronunciada que la izquierda. Esto significa que existe una mayor concentración de datos del lado izquierdo de la distribución. Ya que la curtosis tampoco excede grandemente el cero esperado (si fuese mayor a uno sería significativo), puede continuar asumiéndose normalidad en los datos.

Debido a que anteriormente se confirmó que los datos pueden ser tratados con normalidad (siguen una distribución de probabilidad normal sesgada), se muestra el histograma que describe la distribución de los datos del tiempo que permanecen los camiones en la Planta 1.

Ilustración 11. Histograma del Tiempo en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el histograma anterior, los datos del tiempo de permanencia de los camiones en la Planta 1, se agrupan, en su mayoría, al centro, por lo que es correcto asumir que siguen una distribución normal. Debido a esto, la información presentada en el Cuadro 6 pueden ser utilizadas para basarse en ellas (media, mediana y desviación).

Se procedió a realizar el mismo tipo de análisis con los tiempos de carga:

Cuadro 7. Resumen de estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga en Planta 1.

	<b>Estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga</b>	
	<b>Como fracción del día</b>	<b>h:mm:ss</b>
Media	0.02189075	0:31:31
Error típico	0.00114656	0:01:39
Mediana	0.02030671	0:29:15
Moda	N/A	N/A
Desviación estándar	0.00687938	0:09:54
Varianza de la muestra	0.00004733	0:00:04
Curtosis	-1.13737227	-1.13737227
Coefficiente de asimetría	0.16814207	0.16814207
Rango	0.02392361	0:34:27
Mínimo	0.01035880	0:14:55
Máximo	0.03428241	0:49:22
Suma	0.78806713	18:54:49
Cuenta	36	36

Fuente: Elaboración propia.

En el resumen de estadísticas descriptivas del tiempo de carga en la planta 1, se observa que el promedio del tiempo de carga es de 31 minutos y 31 segundos, con una desviación de nueve minutos y 54 segundos. Esto representa una variación de un 31.43% (utilizando la mediana, un 33.88%), lo que indica que es una actividad con tiempos menos estables que el tiempo de estadía en planta.

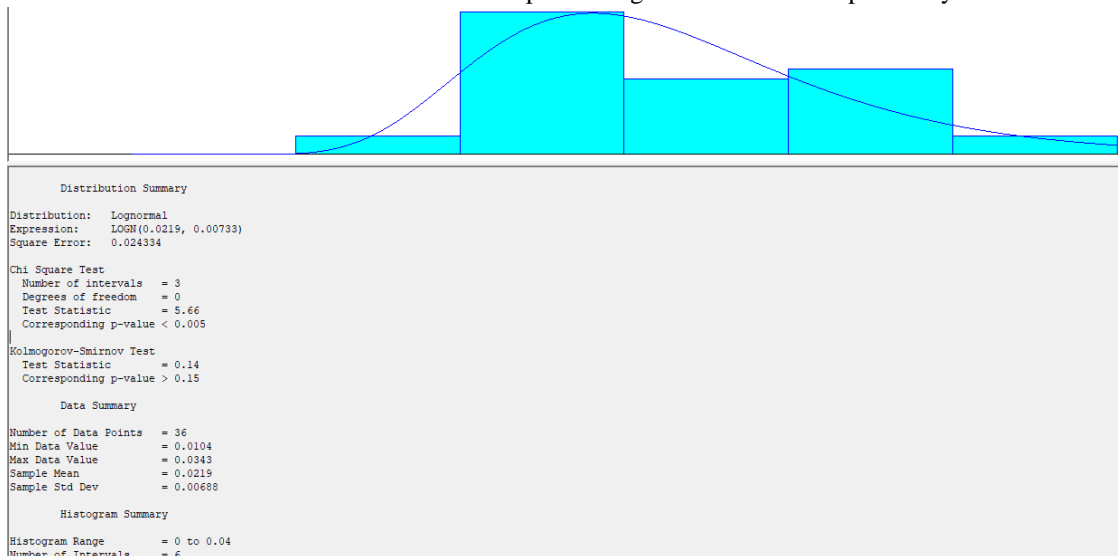
Nuevamente se aplicarán los dos criterios para comprobar si el tiempo de carga en la planta 1 tiene una distribución de probabilidad normal o no.

El coeficiente de asimetría es de 0.1681, lo cual indica que la cola de la distribución apunta hacia la derecha, esto significa que existe un sesgo. Sin embargo, el valor obtenido no está significativamente grande (superior a 1), por lo que es prudente evaluar la curtosis para determinar si sigue o no una distribución normal.

La curtosis es -1.1373, lo que indica que las colas de la distribución son más livianas (considerando el parámetro anterior la cola derecha es más pronunciada), lo cual no es propio de una distribución normal. La consideración de los dos criterios es suficiente para concluir que los datos no cumplen con la distribución de probabilidad normal.

Dadas las condiciones anteriores y al comprobar que los datos no siguen una distribución normal y que el teorema del límite central no es suficiente para asegurarlo, se procede a utilizar el Input Analyzer de ARENA:

Ilustración 12. Resultados del Tiempo de Carga en Planta 1 del Input Analyzer.

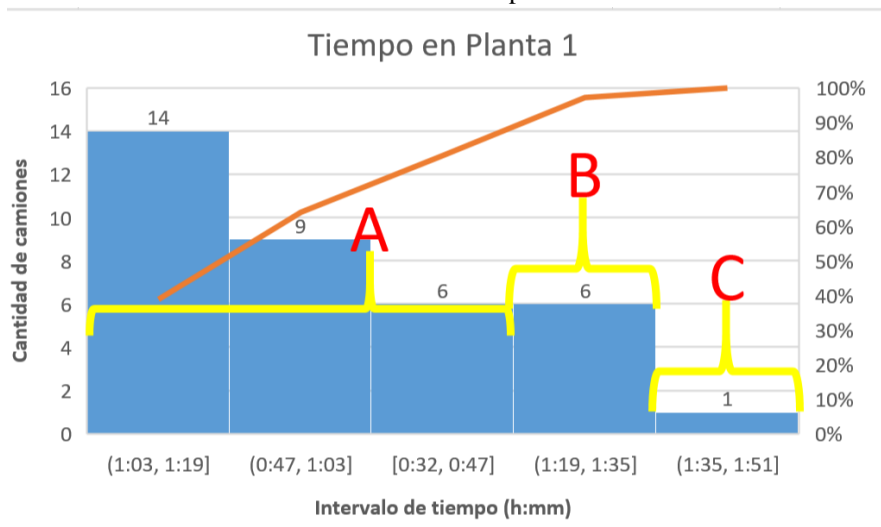


Fuente: Elaboración propia.

Los análisis del Input Analyzer sugieren que la distribución de probabilidad que tiene un mejor ajuste al comportamiento del tiempo de carga, es la distribución logarítmica normal. A su vez, en el resumen de la distribución, en la línea de *Expression* se obtienen dos parámetros, la media y la desviación de la misma (en ese orden y separados por coma “,”) (Rockwell Software, 2007). Estos parámetros son 0.0219 para la media (lo que es equivalente a 0:31:32) y 0.00733 para la desviación (lo que es equivalente a 0:10:33). Lo anterior significa que la media es un segundo mayor a la mostrada en el Cuadro 7 y la desviación es 39 segundos mayor mostrada en el mismo cuadro. Al considerar los valores en los que difieren y el tipo de procedimiento, realmente no son significativos y podría asumirse una distribución normal sesgada, pero para efectos de cualquier predicción que se desee hacer en el futuro, se recomienda seguir la distribución de probabilidad logarítmica normal y de esa forma obtener resultados más confiables.

Ya que se han presentado resúmenes del tiempo de estadía en planta y el de carga, y sus respectivas estadísticas descriptivas, se mostrará un análisis gráfico de lo más relevante para este trabajo de graduación.

Ilustración 13. Pareto de Tiempo Total en Planta 1



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico de Pareto anterior el 80.55% de los camiones que cargan combustible en la Planta 1, permanecen entre 32 minutos y una hora y 19 minutos; este intervalo será llamado “Categoría A en Planta 1”.

Posteriormente, se nombrará como “Categoría B en Planta 1” al siguiente 16.67% de los camiones, los cuales permanecen en planta en el intervalo de una hora 19 minutos a una hora y 35 minutos.

Finalmente, se nombrará “Categoría C en Planta 1” al 2.78% restante de los camiones, los cuales permanecen entre una hora 35 minutos y una hora 51 minutos.

De los 29 camiones que conforman la Categoría A en Planta 1, 6 de estos demoran entre 32 minutos y 47 minutos. El camión que logró el tiempo de 32 minutos fue el número 22, que a su vez tiene el segundo tiempo de carga más bajo, lo logró gracias a que solamente cargó diésel, mientras que el camión en la posición hermana cargó los tres combustibles, lo que significa que no debían compartir los brazos. A su vez, el camión que reporta el mayor tiempo de estadía en planta en esta categoría, es el camión 19, que cuenta con el tercer tiempo de carga más alto. Sin embargo, su tiempo de estadía en planta es menor que el de otras categorías, debido a que ingresó cuando ya habían pasado más de dos horas del arranque de operaciones, por lo que el congestionamiento en planta ya no presentaba los mismos niveles que al inicio de las mismas.

En la Categoría C en Planta 1 se encuentra un solo camión (Camión 14), el cual permaneció una hora y 36 minutos en planta, pero tuvo un tiempo de carga menor al promedio (0:25:04), pero se debe a que fue de los primeros camiones en ingresar a la planta (ingresa a los 25 minutos de arrancadas las operaciones), pero sale ligeramente pasada la mitad del periodo de evaluación, lo que significa que existen tiempos muertos ocasionados por colas dentro de la planta.

Con lo anterior se refuerza y amplía lo que concluyó la estadística descriptiva del tiempo en planta (Cuadro 6), que un camión en promedio, permanece una hora seis minutos y 35 segundos en planta. Adicionalmente,

se genera la sospecha que puedan existir situaciones adicionales dentro de la planta, por lo que se analizará el porcentaje de utilización del tiempo utilizando las operaciones de carga respecto al tiempo total de estadía en planta.

La razón a calcular para cada camión, está dada por:

$$\text{Porcentaje de utilización} = \left[ \frac{\text{Tiempo de Carga}}{\text{Tiempo en Planta}} \right] * 100$$

Utilizando la razón anterior, los camiones observados en Planta 1 tienen los siguientes porcentajes de utilización:

Cuadro 8. Porcentaje de utilización Planta 1.

<b>Camión</b>	<b>Porcentaje de utilización (%)</b>
1	64.35%
2	44.60%
3	62.14%
4	37.44%
5	50.50%
6	64.00%
7	49.53%
8	38.87%
9	32.79%
10	20.28%
11	40.59%
12	27.28%
13	29.25%
14	26.11%
15	54.09%
16	62.61%
17	37.15%
18	50.43%
19	59.57%
20	63.92%
21	70.96%
22	60.10%
23	45.13%
24	25.78%
25	83.56%
26	69.30%
27	71.99%
28	56.26%
29	44.00%
30	49.02%
31	52.41%
32	65.82%
33	34.53%
34	36.46%
35	49.32%
36	29.64%

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior, se puede obtener el siguiente resumen:



Cuadro 9. Resumen porcentaje de utilización en Planta 1.

<b>Resumen del Porcentaje de utilización en Planta 1</b>	
<b>Descriptivo</b>	<b>Valor</b>
Promedio	48.88%
Mínimo	20.28%
Máximo	83.56%
Camiones debajo de 50%	19
Camiones arriba de 50%	17

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en los cuadros anteriores en promedio los camiones hacen efectivo el 48.88% del tiempo para las operaciones de carga, lo que significa que, en promedio, el 51.12% del tiempo los camiones están realizando otras actividades. Esto quiere decir que los camiones mayoritariamente hacen cola, ya sea mientras esperan su turno para cargar o para salir.

El Camión 10 es el que presenta el menor porcentaje de utilización, el cual espero 40 minutos y 15 segundos hasta que llegó su turno de cargar, y transcurrieron 21 minutos y ocho segundos desde que terminó de cargar hasta que se retiró de la planta. Esto significa que alrededor de una hora el camión estuvo haciendo colas.

Caso contrario ocurre con el Camión 25, que solamente demoró un poco más de 17 minutos en iniciar la carga desde que ingresó a la planta (tiempo de preparación de los rackeros, equipo, etc.) y demoró cerca de cinco minutos en retirarse de la planta desde la finalización de las operaciones de carga. Este camión logró tener un mejor porcentaje de utilización (83.56%) debido a que fue el primer camión en ser atendido, y no existió cola para su carga (solamente el tiempo de preparación). Esto significa que, si la planta hubiese estado lista al momento de su ingreso, solo habría utilizado tiempo en las gestiones de inspección de garita y facturación y no en espera de preparación de la planta y el personal.

Adicionalmente, se observa que 19 camiones (el 52.77% del total) tienen un porcentaje de utilización menor al 50%, donde el promedio de utilización de estas observaciones es de 36.72%, lo que es un claro indicio de confirmación de lo que se ha mencionado anteriormente, existen colas que causan que la efectividad del tiempo en planta sea baja.

Por otro lado, 17 camiones (el 47.23% del total) cuentan con un porcentaje de utilización mayor al 50%, donde el promedio de utilización de estas observaciones es de 62.47%, lo que indica que la mayoría de camiones tiene una efectividad de un 58% menor respecto a la minoría (el 47.23% del total).

La interpretación que puede darse a los resultados anteriores, es que los procedimientos de carga son el cuello de botella de la planta, ya que son los mayores generadores de cola (mientras esperan turno de carga). Sin embargo, no puede perderse de vista que la salida de planta también genera colas, a su vez, es crítico debido al espacio disponible para esta.

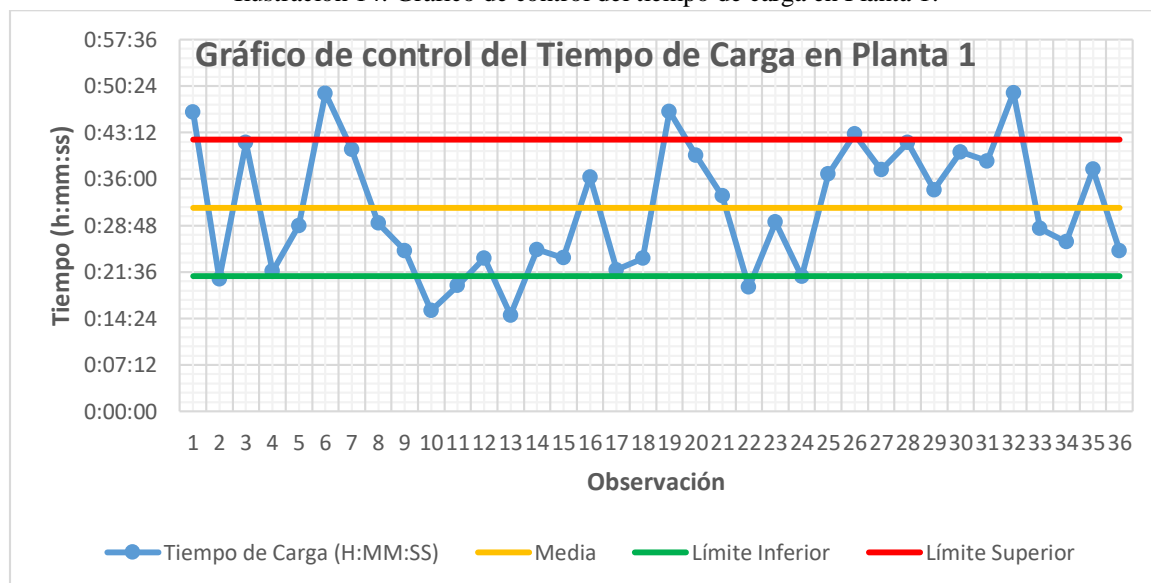
Luego se procedió al análisis del tiempo de carga; para dar una mejor visión de la situación actual, las muestras observadas se muestran en el siguiente gráfico de control. Cabe recordar que el tiempo de carga en esta planta no sigue una distribución normal, sino una logarítmica normal, por lo que debe utilizarse los propios parámetros de esta distribución.

Para el gráfico de control se tiene:

$$\mu = 0.0219 \equiv 0:31:32$$

$$\sigma = 0.00733 \equiv 0:10:33$$

Ilustración 14. Gráfico de control del tiempo de carga en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico de control anterior, muestra el comportamiento del tiempo de carga para todas las observaciones, la media y desviación del tratamiento que se le da como distribución logarítmica normal, donde el límite inferior es la media menos una desviación, y el límite superior es la media más una desviación.

Este gráfico es concluyente en que el tiempo de carga está fuera de control, ya que existen cinco observaciones sobre el límite superior y seis observaciones abajo del límite inferior. Esto significa que el 13.88% de los camiones tiene un tiempo de carga superior al máximo admitido (en condiciones actuales), lo cual puede ser un indicio de la saturación del sistema en el futuro. Caso contrario ocurre con el 16.66% de los camiones que reportan tiempos de carga menores al límite inferior, lo que puede indicar que el sistema no se encuentra tan demandado en ciertos momentos.

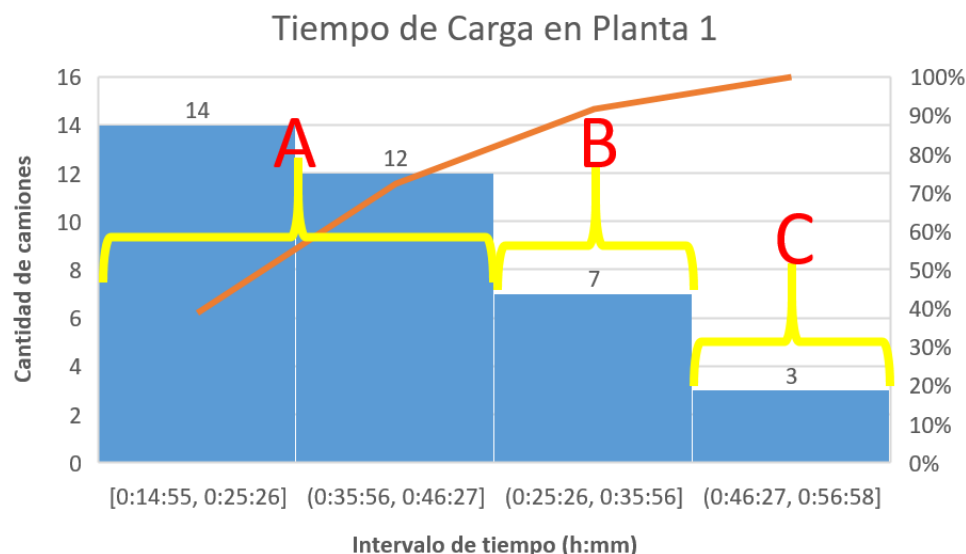
Además, se observa que el 33.33% de las observaciones (12 camiones) presentan tiempos dentro del intervalo de control, pero se encuentran sobre la media. La misma situación ocurre con el 36.13%

restante (13 camiones), solo que estos se encuentran debajo de la media y dentro del intervalo de control.

Generalizando el gráfico en observaciones debajo y sobre la media, se puede observar que el 52.77% de los camiones (19 observaciones) tiene tiempos de carga menores a la media, lo que significa que en general, el sistema no está urgido de una solución inmediata, pero es importante ver la contraparte, el 47.23% de los camiones presenta un tiempo de carga superior a la media, lo que es un indicio que será necesaria una solución a futuro.

A continuación, se muestra un análisis de Pareto sobre el tiempo de carga en esta planta:

Ilustración 15. Pareto de Tiempo de Carga en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico de Pareto anterior, se muestra que 26 camiones observados tienen un tiempo de carga entre 14 minutos 55 segundos a 25 minutos 26 segundos y 35 minutos 56 segundos a 46 minutos 27 segundos. A este segmento que representa el 72.22% de los camiones, se le llamará “Categoría A en Carga de Planta 1”. Como se observa, en esta categoría hay un intervalo (0:25:26-0:35:56) que no es considerado, debido a que se reportó una menor cantidad de observaciones, lo que lo convierte en la siguiente categoría.

Posteriormente se tiene la que será llamada “Categoría B en Carga de Planta 1”, que se compone de siete observaciones, las cuales representan el 19.44% de los camiones observados, que el intervalo comprende el tiempo de carga entre 25 minutos 26 segundos y 35 minutos 56 segundos.

Finalmente se tienen tres observaciones con una duración de 46 minutos 27 segundos y 56 minutos 58 segundos. Esta categoría será llamada “Categoría C en Carga de Planta 1”, la cual representa el 8.34% de los camiones.

La Categoría A en Carga de Planta 1 se divide en dos intervalos, los cuales no son continuos y existe entre esos tiempos el intervalo de la Categoría B. El primer intervalo de la Categoría A (0:14:55-0:25:26) comprende el 38.88% de los camiones, lo que significa que un porcentaje considerable de los camiones tiene un tiempo de carga aceptable (0:25:04 el máximo dentro del intervalo), lo que demuestra que es posible mantener tiempos de carga bajos. De estos 14 camiones, 11 cargaron los tres combustibles (el 78.57% del intervalo), por lo que se demuestran dos cosas; es posible mantener los tiempos de carga bajos y tener dos brazos de diésel por rack reduce la problemática de tener que alternar los brazos.

El segundo intervalo de la Categoría A (0:35:56-0:46:27) representa un 120% de la Categoría B y C juntas, lo que significa que existe una fuerte tendencia a elevar el tiempo de carga. Este intervalo representa el 33.33% de los camiones, lo que provoca que se deba prestar atención a esto, debido a que los camiones están generando tiempos muertos debido a que deben intercambiarse los brazos entre las posiciones hermanas cuando deben cargar los tres combustibles.

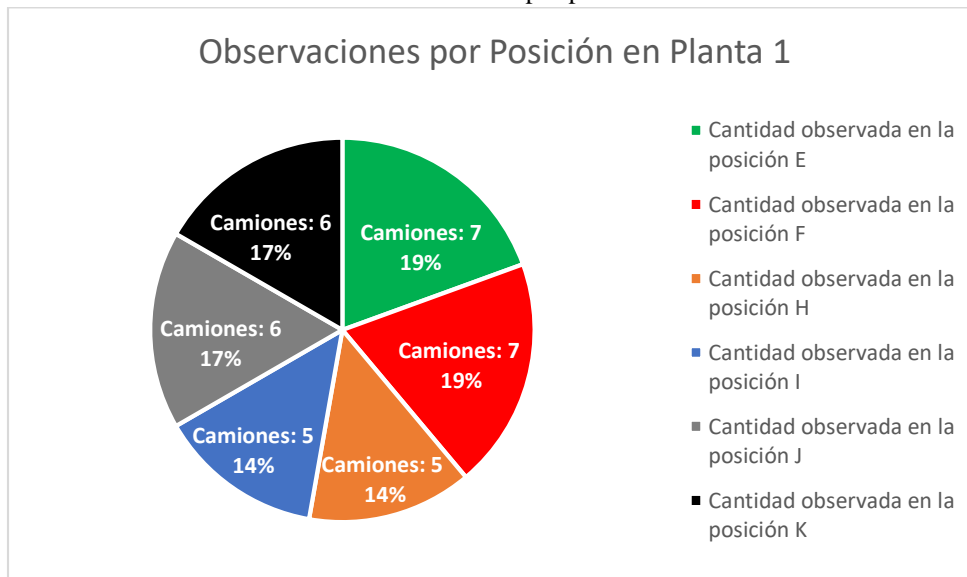
Como se mencionó anteriormente, la Categoría B es un intermedio entre los dos intervalos que comprenden la Categoría A, pero al sumar esta categoría con el primer intervalo de la Categoría A, se obtiene que el 58.33% de los camiones tienen un tiempo de carga comprendido entre 15 y 36 minutos, lo que continúa siendo aceptable, pero con la observación que el segundo intervalo de la Categoría A, representa mayores tiempos de carga que la Categoría B. Lo anterior es un indicio que el tiempo de carga puede aumentar en el futuro.

La Categoría C, puede decirse que representa los atípicos de las observaciones (8.33% del total), pero sus tiempos suelen extenderse de mayor manera, ya que, al llegar a su posición de carga, la posición hermana se encontraba cargando, lo que le genera una desventaja para la utilización de los brazos.

Al realizar comparaciones con lo mostrado por la Ilustración 15 y examinar las observaciones detalladamente, se determinó que el problema consiste en la necesidad de tener que intercambiar los brazos entre posiciones de cada rack, lo que genera que mientras se espera a que se libere el brazo que está siendo utilizado, surgen tiempos muertos en el tiempo de carga.

Para observar desde el punto de utilización de los racks, se muestra un gráfico de pie para analizar la saturación de las posiciones de carga:

Ilustración 16. Observaciones por posición en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

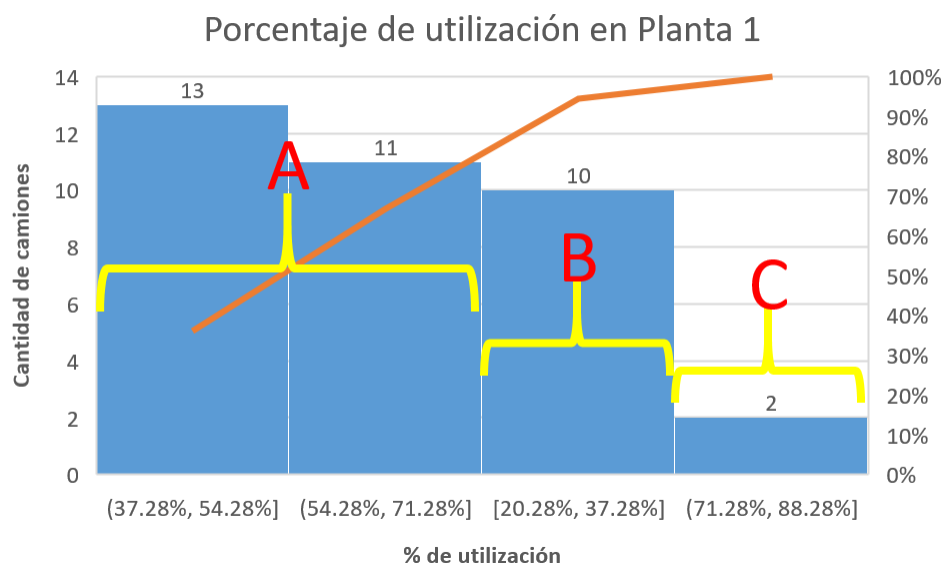
La cantidad de observaciones se puede dividir por rack considerando que cada uno tiene dos posiciones hermanas que son atendidas de forma simultanea por el mismo operario. Por lo que en el gráfico anterior, se puede apreciar que cada par de posiciones tiene la misma cantidad de observaciones.

Como se observa, en las posiciones hermanas E-F se tiene un mayor número de observaciones (7) que en los demás, esto se debe a que estas posiciones no se detuvieron en ningún momento, caso contrario de las posiciones H-I que fueron detenidas por unos minutos debido a que el rackero debía obtener muestras de los combustibles y en otra ocasión surgió un problema con la conexión a tierra, por ello sus observaciones fueron distribuidas en las otras posiciones.

Gráficamente se podría concluir que el sistema no se encuentra saturado en las horas que son un pico de demanda, pero al hacer las consideraciones anteriores, se pueden concluir dos cosas, que el sistema se encuentra saturado y se confirma que el cuello de botella ocurre en las operaciones de carga de combustible.

Adicionalmente, se considera oportuno mostrar un gráfico de Pareto sobre el porcentaje de utilización del tiempo de carga respecto al tiempo de estadía en planta:

Ilustración 17. Pareto de porcentaje de utilización en Planta 1



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico anterior, se divide en tres categorías (A, B y C), las cuales indican que el 66.66% de los camiones (Categoría A) tienen un porcentaje de utilización que varía entre 37.28% y 71.28%. Este último se acerca mucho a lo que debería buscarse (por lo menos el 75%); sin embargo, el intervalo que va desde 37.28% hasta 54.28% indica que una cantidad considerable de camiones (36.11%) inician a tener una tendencia a dirigirse a lo que hoy es la Categoría B.

La Categoría B es la representación de lo que debe evitarse, ya que corresponde a una ineficiencia del tiempo de estadía en planta; sin embargo, no debe perderse de vista, puesto que actualmente representa el 27.78% de los camiones (considerando que se mencionó que el primer intervalo de la Categoría A corre el riesgo de disminuir su porcentaje de utilización, por lo que aumentaría lo que hoy es la Categoría B).

La categoría C es lo que se buscaría tener como Categoría A, puesto que su porcentaje de utilización va desde 71.28% hasta 88.28%, y actualmente representa el 5.56%. Esto puede deberse al propio crecimiento de la demanda que genera esta planta, lo que daría el indicio que, con el paso del tiempo y crecimiento de la empresa, las operaciones de carga han perdido eficiencia, por ende, son generadoras del cuello de botella de la planta, ya que pueden no encontrarse adaptadas para los picos de demanda que se generan hoy en día.

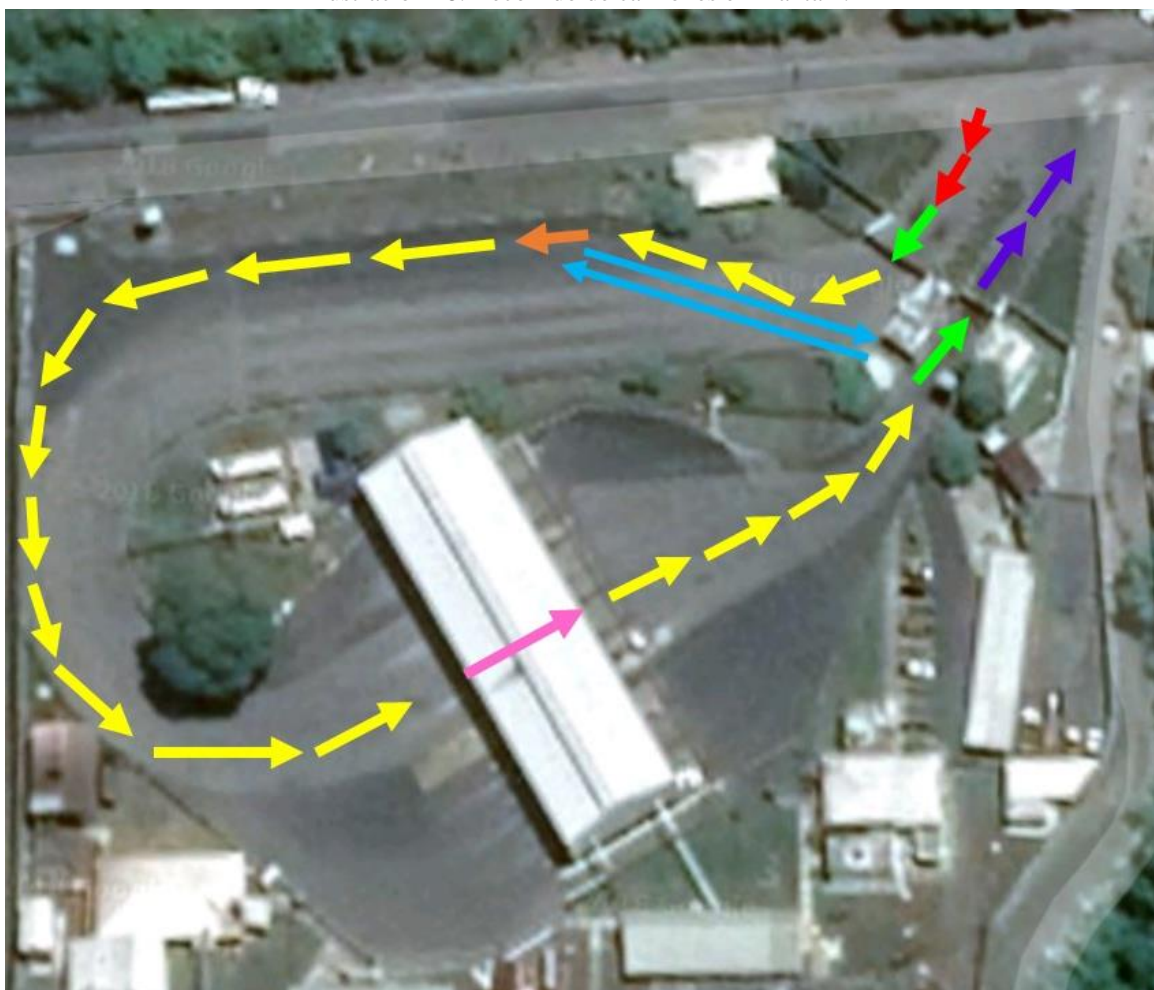
Lo anterior refuerza la conclusión que la existencia de colas genera utilidades bajas, pero también indica que existe el potencial de implementación de mejoras que hagan que la planta esté preparada para los picos de demanda que se generan hoy en día y los que se generarán en el futuro.

Cabe resaltar que el sistema no se encuentra saturado o en niveles críticos donde sea necesaria la implementación inmediata de mejoras, sino que aún se encuentra en niveles aceptables, pero con el paso del tiempo será saturado si no se hace algo por aliviar el cuello de botella.

#### b. SISTEMA DE COLA DE CAMIONES

Para comprender el sistema de colas de la Planta 1, primero es necesario conocer cuál es el recorrido normal de un camión que ingresa a cargar combustible, por ello se muestra la siguiente imagen:








Ilustración 18. Recorrido de camiones en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

En la imagen anterior, existen siete colores diferentes en el recorrido de los camiones, estos tienen los siguientes significados:

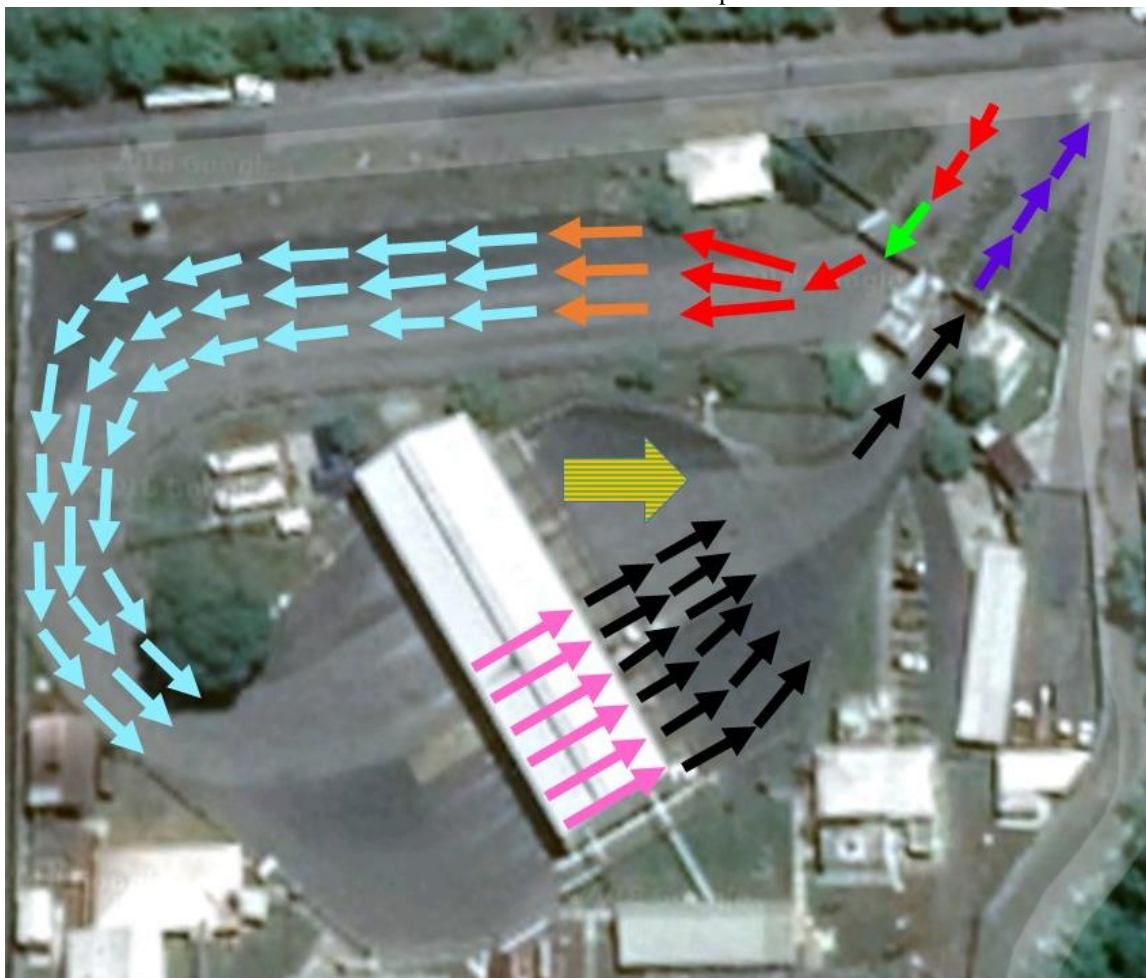
Cuadro 10. Clave de colores del recorrido en Planta.

Color	Significado
	Ingreso a instalaciones (camión sin cargar)
	Estacionamiento de camión (piloto se reporta en garita y gestiona)
	Estacionamiento de camión (garita hace revisión)
	Recorrido en planta (antes y después de carga)
	Carga de camión
	Salida de instalaciones (camion cargado)
	Recorrido de piloto para reportarse y gestionar

Fuente: Elaboración propia

Ya que se conoce el recorrido de los camiones en Planta 1, se muestra la forma en la que se distribuyen las líneas de espera dentro de las instalaciones:

Ilustración 19. Distribución de líneas de espera en Planta 1.











Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

Como se puede observar en la imagen anterior, existen ocho distintivos diferentes, estos tienen el siguiente significado:



Cuadro 11. Clave de colores de la distribución de líneas de espera en Planta 1.

Color	Significado
	Ingreso a instalaciones
	Piloto hace gestiones en Facturación (puede generar cola)
	Garita hace revision de ingreso (puede generar cola)
	Espera turno de carga (genera cola)
	Carga de camión
	Garita hace revision de salida (genera cola)
	Salida de instalaciones (no genera cola)
	Salida de racks de otros combustibles (genera cola)

Fuente: Elaboración propia.

En las ilustraciones anteriores, en la Planta 1 existen dos procedimientos que generan colas, el propio procedimiento de carga (color celeste) y la revisión de salida por parte de Garita (color negro), a lo que debe adicionarse que esta planta también genera salidas de camiones que cargaron otros combustibles (FuelOil, Jet A-1 y privado).

Las operaciones de carga son las generadoras del mayor cuello de botella de la planta, pero es fundamental mencionar que al salir de la planta se forma un embudo, ya que solamente un agente de seguridad efectúa las revisiones a los camiones y en picos de demanda hay hasta doce camiones en cola para revisión de salida, y esto se debe a que esta planta cuenta con mayor tecnología, y para ingresar y retirarse de la planta tienen que reportarlo en una Tablet. En la Tablet deben ingresar la matrícula del camión, combustibles cargados, hora de ingreso y salida, entre otros aspectos.

Por otro lado, en el ingreso y para realizar las gestiones en Facturación, no se observaron colas, sin embargo, al surgir inconvenientes pueden generarse. Sin embargo, la planta está preparada para soportar colas en estas operaciones.

Esta planta cuenta con tres carriles para el ingreso a los racks de carga, lo cual le permite tener una cantidad considerable de camiones en espera (incluso para llenar alrededor de tres veces todos los racks), por lo que la distribución de las líneas de espera para la carga no representa un problema para esta planta, ya que el procedimiento de carga es el cuello de botella de la planta.

Sin embargo, puede solucionarse el problema en la revisión de salida, por lo que se abordará con más detalles en el apartado correspondiente más adelante.

## 2. PLANTA 2

Como se mencionó anteriormente, se utilizó la misma forma que utiliza la empresa para nombrar las plantas, por lo que Planta 2, es referente a Puma 2 (como se nombra internamente), y se ubica en el Km. 2.1 Carretera a Chulamar, Puerto San José, Escuintla.

La empresa indicó que los momentos que presentan mayor congestión en esta planta son las primeras cuatro horas de operación del día sábado, por lo que el presente trabajo se enfoca en esos momentos y con ello poder ofrecer una solución para poder aliviar el congestión, por lo que también será funcional en los demás momentos.

### a. SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES

Para establecer una línea base en la que se propondrán las mejoras a esta planta, es importante realizar observaciones para tomar el tiempo de carga en el horario de interés.

Nuevamente se utilizó el método de muestreo, por lo que el tamaño de la muestra de camiones a observar está dado por:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N-1) + Z^2 pq}$$

(Anderson, 2012)

Donde:

$Z = 1.96$  (considerando un intervalo de confianza de 95%)

$N = 46$  (cantidad promedio de camiones que cargan en el horario y día de interés)

$p = 0.5$  (sin característica de interés, por ello se utiliza 50% de probabilidad a favor)

$q = 1 - p$  (carece de característica de interés, es complementaria a  $p$ , 50% en contra)

$e = 0.05$  (error muestral)

Por lo anterior, se tiene:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 46}{(0.05)^2 * (46 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

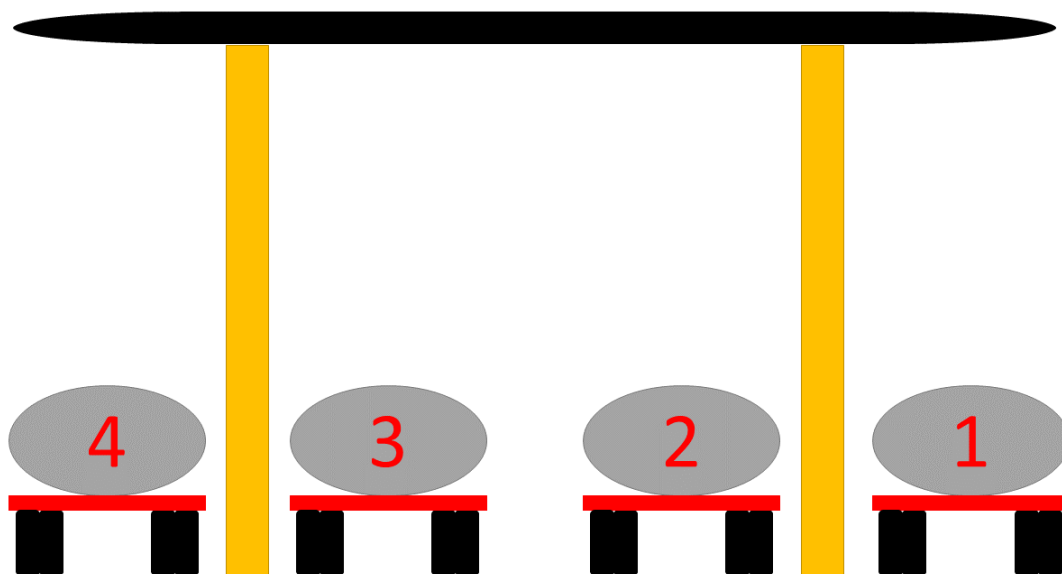
$n = 41$  camiones

Lo anterior indica que se debe hacer una toma de datos para 41 camiones que ingresen a cargar combustible a esta planta.

Dicha cantidad de observaciones no solo indica que deben hacerse 41 tomas de tiempo, sino que también cumple el Teorema del Límite Central, el cual indica que *“la distribución muestral se puede aproximar mediante una distribución normal siempre que la muestra sea de tamaño 30 o mayor”* (Anderson, 2012).

Esta planta cuenta con cuatro posiciones de carga, por lo que, para efectos de este trabajo, cuenta con cuatro racks. Las posiciones son distribuidas de la siguiente forma:

Ilustración 20. Distribución de las posiciones de carga en la Planta 2.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de las posiciones de carga, los camiones pueden abastecerse mediante los brazos de carga de gasolina súper, gasolina regular y diésel, pero estos brazos no son independientes para cada posición, sino que son compartidos entre ellas (1-2 y 3-4). En las posiciones 1-2 se cuenta con dos brazos de diésel, y uno por cada tipo de gasolina, mientras que en las posiciones 3-4 es un brazo por cada tipo de combustible.

La siguiente imagen muestra la vista lateral de un rack de carga:

Ilustración 21. Vista lateral de un rack de carga en Planta 2.



Fuente: Fotografía propia.

En la imagen anterior, se observa como luce un rack de carga visto de forma lateral.

Ya que se conoce la infraestructura actual, se procede al análisis de las observaciones realizadas, para ello se presenta el resumen del tiempo de estadía dentro de la planta y el tiempo de carga. El cuadro completo se encuentra en el Anexo III.

Cuadro 12. Resumen de observaciones Planta 2 (h:mm:ss).

<b>Camión</b>	<b>Rack</b>	<b>Tiempo en Planta 2</b>	<b>Tiempo de carga</b>
1	3	9:32	0:47:44
2	1	8:58	0:33:09
3	2	7:50	0:25:44
4	4	5:56	0:42:43
5	2	3:04	0:41:18
6	1	2:38	0:26:20
7	3	3:04	0:41:26
8	4	2:23	0:49:11
9	1	2:28	0:37:11
10	2	2:23	0:44:25
11	3	0:56	0:32:31
12	3	0:54	0:35:19
13	1	0:31	0:15:08
14	4	0:34	0:16:58
15	2	1:04	0:25:52
16	1	0:40	0:18:50
17	3	0:30	0:19:43
18	4	0:44	0:28:20
19	2	0:28	0:20:30
20	4	0:35	0:18:03
21	3	0:53	0:38:26
22	1	0:30	0:19:55
23	4	6:14	0:38:18
24	2	6:30	0:46:38
25	3	7:25	0:53:55
26	1	5:37	0:55:08
27	4	6:01	0:44:52
28	2	5:07	0:48:45
29	3	2:47	0:21:42
30	4	2:52	0:55:57
31	2	3:09	0:52:15
32	1	3:08	0:42:36
33	3	2:01	0:34:06
34	4	2:35	0:44:05
35	1	2:39	0:40:06
36	2	2:57	0:46:39
37	3	3:03	0:48:11
38	4	2:07	1:12:03
39	2	2:40	0:22:11
40	1	1:16	0:22:15
41	4	0:52	0:37:28

Fuente: Elaboración propia.

Anteriormente se mostró un resumen de las observaciones realizadas. A continuación, se muestra un cuadro resumen de lo más importante que puede extraerse de las observaciones:

Cuadro 13. Condensado de datos observados en Planta 2.

<b>Resumen de datos observados en Planta 2</b>	
Total de observaciones	41
Tiempo de Carga Total	25:05:56
Tiempo de Carga Total (días)	1.0458
Tiempo de Carga Promedio	36:44
Tiempo Total en Planta 2	125:41:03
Tiempo Total en Planta 2 (días)	5.2368
Tiempo de estadía Promedio en Planta 2	3:03:56
Efectividad del Tiempo Total en Planta	19.97%
Camiones que cargaron solo diésel	6
Camiones que cargaron gasolina/s y no diésel	1
Camiones que cargaron diésel y una gasolina	9
Camiones que cargaron tres combustibles	25
Cantidad observada en el Rack 1	10
Cantidad observada en el Rack 2	10
Cantidad observada en el Rack 3	10
Cantidad observada en el Rack 4	11

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en el cuadro anterior, se utiliza casi el 20% del tiempo total en planta para la carga de combustible, el cual es un porcentaje muy bajo y que se debe principalmente a dos factores.

El primero es la hora de llegada de los camiones a la planta. Algunos camiones llegan con varias horas de anticipación para poder tener los primeros lugares en la carga, ya que, en algunos casos, sus municipios de destino tienen restricciones para el transporte pesado (horarios de circulación), o bien, las estaciones de servicio a las que van a abastecer están operando en los niveles de seguridad de inventario, por lo que deben ser abastecidas lo antes posible.

El segundo factor es el tiempo de espera (cola) que hacen los camiones dentro de la planta hasta que llega su turno de ser cargados en los racks. Como se mostró en el Cuadro 12, los camiones con menor tiempo de carga (de 15 a 20 minutos) también son los camiones que tienen un menor tiempo de estadía en la planta (de 28 a 35 minutos). Si analizamos los intervalos anteriores, se obtiene una efectividad del tiempo en planta de 53% a 57%, cabe mencionar que los objetos de análisis son el tiempo en planta y el tiempo de carga, por lo que el resto del tiempo es utilizado en las demás actividades que deben realizar los camiones en planta (Ilustración 7).

Adicionalmente, se observa que el 60.98% de los camiones cargan los tres combustibles, el 2.44% carga solo gasolina, el 21.95% carga diésel y una gasolina. Lo anterior significa que el 85.37% de los camiones está ligado a la carga de gasolinas, comparado con el 14.63% que solamente carga diésel.

Luego, se procedió a utilizar Microsoft Excel para obtener el resumen de estadísticas descriptivas del tiempo total de estadía en la planta. Cabe mencionar que los datos no pueden ser tratados como horas, minutos y segundos, por lo que deben ser tratados como fracción del día, donde oscilarán entre 0 y 1.

Cuadro 14. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo en Planta 2.

	<b>Estadísticas descriptivas del Tiempo en Planta 2</b>	
	<b>Como fracción del día</b>	<b>h:mm:ss</b>
<b>Media</b>	0.12772781	3:03:56
<b>Error típico</b>	0.01620073	0:23:20
<b>Mediana</b>	0.10972222	2:38:00
<b>Moda</b>	0.12777778	3:04:00
<b>Desviación estándar</b>	0.10373526	2:29:23
<b>Varianza de la muestra</b>	0.01076100	0:15:30
<b>Curtosis</b>	0.32476005	N/A
<b>Coefficiente de asimetría</b>	1.07407723	N/A
<b>Rango</b>	0.37777778	9:04:00
<b>Mínimo</b>	0.01944444	0:28:00
<b>Máximo</b>	0.39722222	9:32:00
<b>Suma</b>	5.23684028	125:41:03
<b>Cuenta</b>	41	41

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro resumen anterior se puede observar que el tiempo promedio que pasa un camión dentro de la planta es de tres horas y tres minutos, pero este tiempo tiene una desviación estándar de dos horas y 29 minutos, lo que significa una variación del 81% (utilizando la mediana, es de 95%).

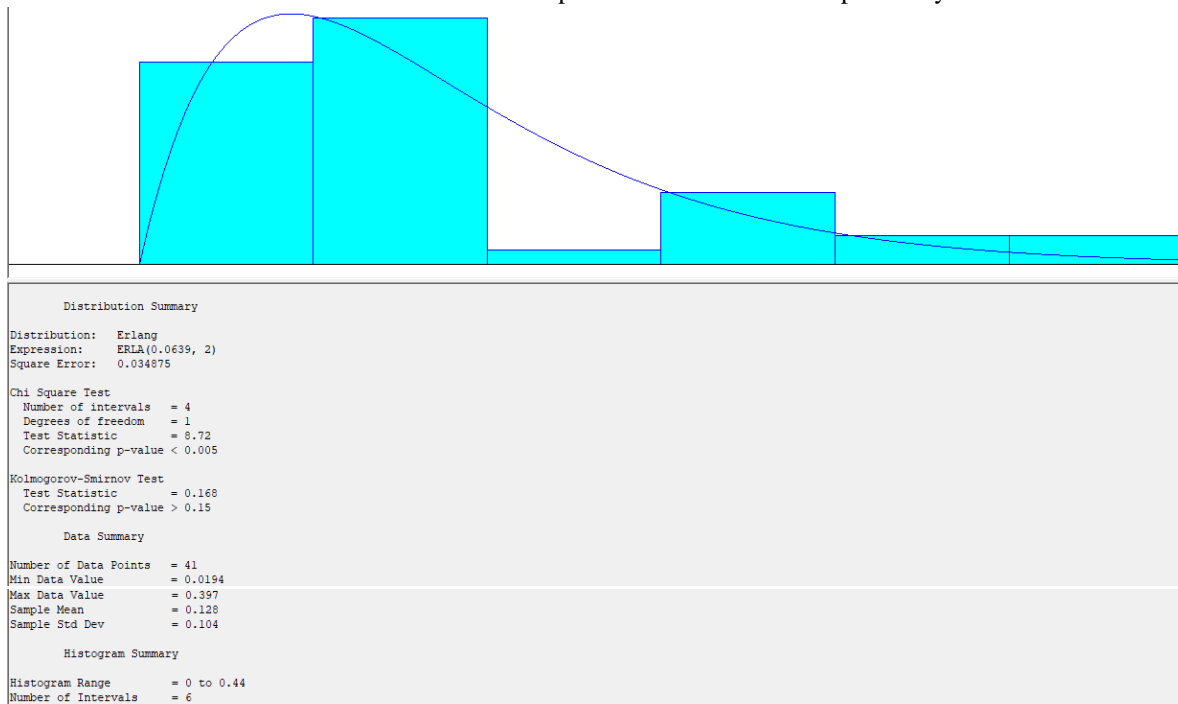
Al observar estos datos obtenidos y el error obtenido (81%-95%), es prudente evaluar la normalidad de los datos, para esto, se utilizan dos criterios simples pero fundamentales.

El coeficiente de asimetría para este caso es de 1.074, el cual supera grandemente al cero esperado (lo más cercano a cero) para poder asumir una normalidad. Además, al ser un valor positivo, la distribución está sesgada hacia la izquierda (la cola apunta a la derecha).

El siguiente criterio es la curtosis. Para este caso se tiene una curtosis de 0.3247 (positiva), lo que indica que las colas de la distribución son más pronunciadas, y al considerar el criterio del coeficiente de asimetría, es la cola derecha la más pronunciada y la izquierda es menos pronunciada por el coeficiente de asimetría.

Ya que anteriormente se confirmó que los datos no siguen una distribución de probabilidad normal, y que el teorema del límite central no es suficiente para tratar los datos como una distribución normal, se recurrió al Input Analyzer de ARENA, el cual muestra lo siguiente:

Ilustración 22. Resultados del Tiempo Total en Planta 2 del Input Analyzer.



Fuente: Input Analyzer de ARENA.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, se confirma que los datos no tienen una distribución de probabilidad normal, sino que es una distribución de probabilidad de Erlang.

En el resumen de la distribución, en la línea *Expression*, se tiene que la distribución de Erlang tiene una media y un número de variables aleatorias exponenciales,  $(\mu, k)$  respectivamente. Para la descripción del comportamiento del tiempo de estadía en esta planta se tiene una media de 0.0639 (lo que es equivalente a 1:32:01), lo que representa una diferencia de un poco más del 50%. Por lo anterior, se considera que lo mostrado en el Cuadro 14, no es apropiado para el análisis, por lo que el tiempo de estadía en esta planta debe ser tratado con una distribución de Erlang.

Adicionalmente, se debe calcular la desviación del tiempo en planta utilizando la siguiente ecuación, la cual es propia de la distribución de Erlang:

$$\sigma = \sqrt{k\mu^2}; \text{ donde } k = 2$$

(Rockwell Software, 2007)

Utilizando la ecuación anterior, se tiene que:

$$\sigma = 0.0936$$



La desviación obtenida es equivalente a 2:10:08, lo cual representa más de 41% sobre la media. Existe una explicación para que la desviación sea mayor a la media, y es debido a la presencia de datos atípicos (Walpole, 2012).

Como se mencionó con anterioridad, muchos camiones buscan ocupar las primeras posiciones de carga, ya que debido a restricciones de horario del transporte pesado o la operación de estaciones en niveles de seguridad de inventario, por ello es que se observa en el Cuadro 12 que permanecen hasta más de nueve horas y media, ya que por restricciones a los transportistas no les resulta rentable arriesgarse a recibir multas en diferentes municipios (entre otros factores), y buscan ocupar las primeras posiciones de carga para transitar durante la madrugada y no ser afectados.

Si bien es cierto que permanecen muchas horas bajo su propia voluntad, es importante prestar atención a esos casos, ya que puede ser un indicio que las operaciones no sean tan eficientes (Cuadro XX muestra que menos del 20% de la permanencia de los camiones es efectiva para la carga).

Adicionalmente se calculó rápidamente la media sin los datos atípicos (por comparación se excluyeron los mayores a 3:30:00), y se obtiene una media de 1:49:23, lo cual se acerca bastante a la media de la distribución de Erlang (pero es ligeramente mayor). Esto es un indicativo que las operaciones de carga pueden generar colas, pero también, se utilizan recursos (espacio y tiempo del personal de garita) para aparcar los camiones durante muchas horas, en las cuales no se genera ningún beneficio para la empresa, para los camiones ni para los clientes.

Luego de analizar el comportamiento del tiempo de estadía en planta, se precedió a realizar el mismo tipo de análisis con los tiempos de carga:

Cuadro 15. Resumen de estadísticas descriptivas de Tiempo de Carga en Planta 2.

	<b>Estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga</b>	
	<b>Como fracción del día</b>	<b>h:mm:ss</b>
Media	0.02550700	0:36:44
Error típico	0.00143638	0:02:04
Mediana	0.02659722	0:38:18
Moda	N/A	N/A
Desviación estándar	0.00919731	0:13:15
Varianza de la muestra	0.00008459	0:00:07
Curtosis	-0.33456024	N/A
Coficiente de asimetría	0.21199108	N/A
Rango	0.03952546	0:56:55
Mínimo	0.01050926	0:15:08
Máximo	0.05003472	1:12:03
Suma	1.04578704	25:05:56
Cuenta	41	41

Fuente: Elaboración propia.

En el resumen de estadísticas descriptivas del tiempo de carga en planta 2, se observa que el promedio del tiempo de carga es de 36 minutos y 44 segundos, con una desviación de 13 minutos y 15 segundos, lo que

representa una variación de un 36% (utilizando la mediana, un 34.6%), lo que indica que es una actividad con tiempos más estables que el tiempo de estadía en planta.

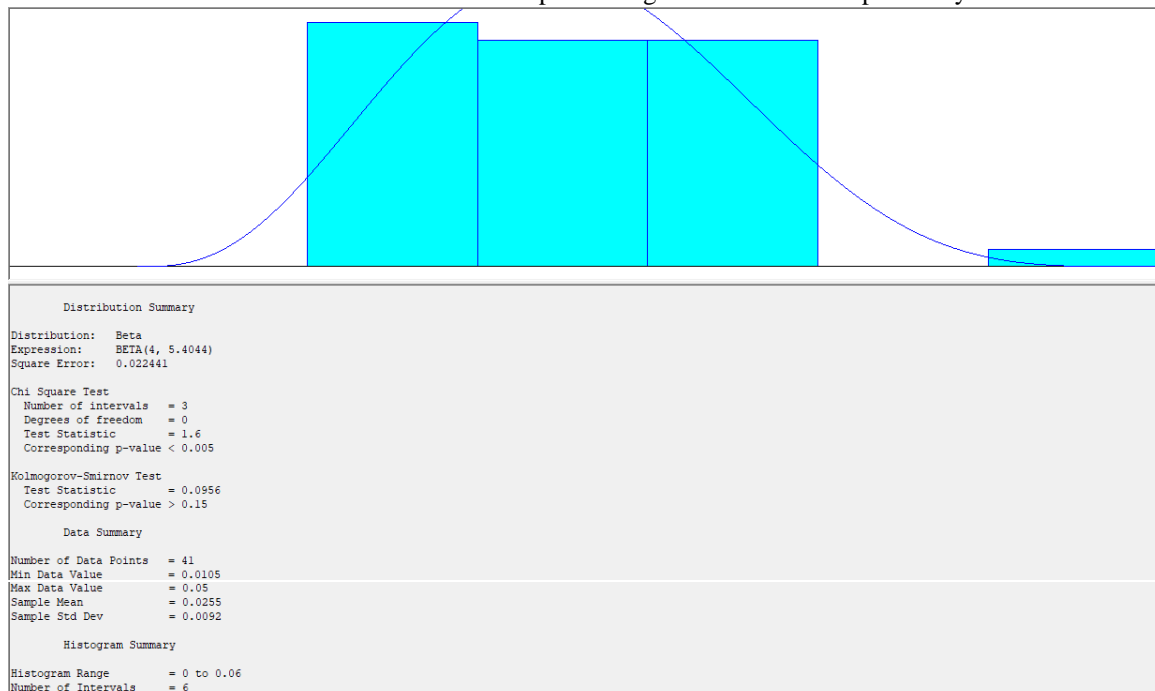
Nuevamente se aplicarán los dos criterios para comprobar si se el tiempo de carga en la planta 2 tiene una distribución de probabilidad normal o no.

El coeficiente de asimetría es de 0.2119, lo cual indica que la cola de la distribución apunta hacia la derecha, esto significa que existe un sesgo. Con esta observación se podría decir que no es una distribución normal, pero es prudente utilizar el segundo criterio.

La curtosis es negativa 0.3345, lo que indica que las colas de la distribución son más livianas, lo cual no es propio de una distribución normal. Con los dos criterios es suficiente para concluir que los datos no cumplen con la distribución de probabilidad normal.

Nuevamente, al comprobar que los datos no siguen una distribución normal y que el teorema del límite central no es suficiente para asegurarlo, se procede a utilizar el Input Analyzer de ARENA:

Ilustración 23. Resultados del Tiempo de Carga en Planta 2 del Input Analyzer.



Fuente: Input Analyzer de ARENA.

Como se puede observar en la ilustración anterior, el tiempo de carga en la Planta 2 tampoco tiene una distribución de probabilidad normal, sino que sigue una distribución de probabilidad Beta.

El resumen de la distribución del Input Analyzer, indica en la línea *Expression* que el parámetro alfa ( $\alpha$ ) es igual a 4 y el parámetro beta ( $\beta$ ) es 5.4044. Estos parámetros no toman sentido hasta que se procede a calcular la media y la desviación respectiva a esta distribución (Rockwell Software, 2007).

Para calcular la media de una distribución beta se tiene:

$$\mu = \frac{\beta}{\beta + \alpha}$$

(Walpole, 2012)

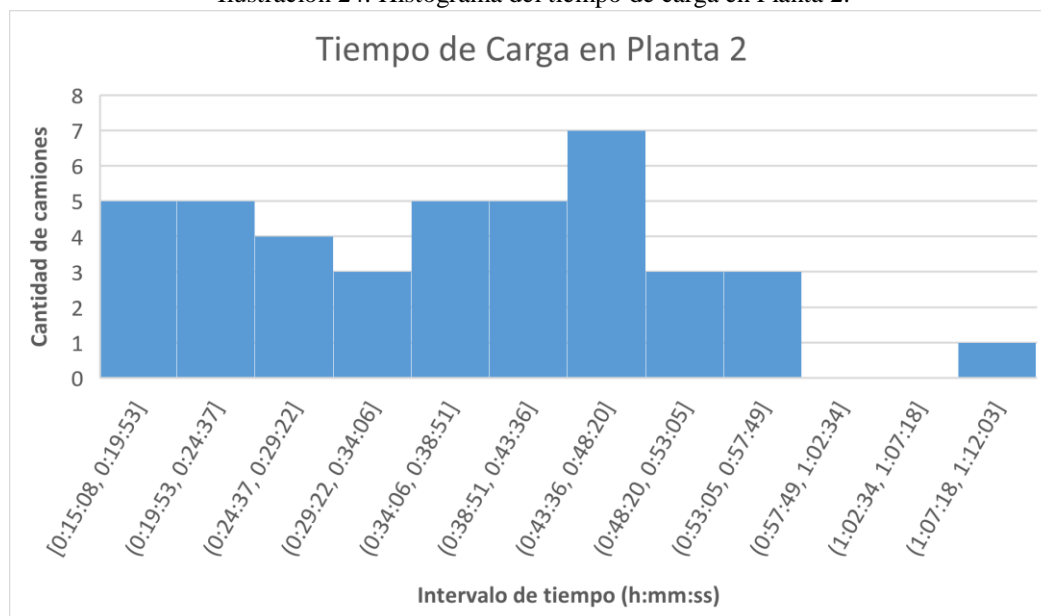
Por lo anterior;

$$\mu = \frac{5.4044}{5.4044 + 4} = 0.5747$$

Lo anterior, sugiere que la media de la distribución es 0.5747, lo que es equivalente a 13:47:31, lo cual no tiene sentido en el tiempo de carga, debido a que el tiempo máximo reportado es 1:12:03, por lo que no se continuó con el análisis en esta distribución y se procedió a la búsqueda de las causas del comportamiento de los datos.

Se inició con la elaboración de un histograma del tiempo de carga en esta planta, pero a este se le aumentó el número de rangos (lo que permite una mejor visión del comportamiento):

Ilustración 24. Histograma del tiempo de carga en Planta 2.

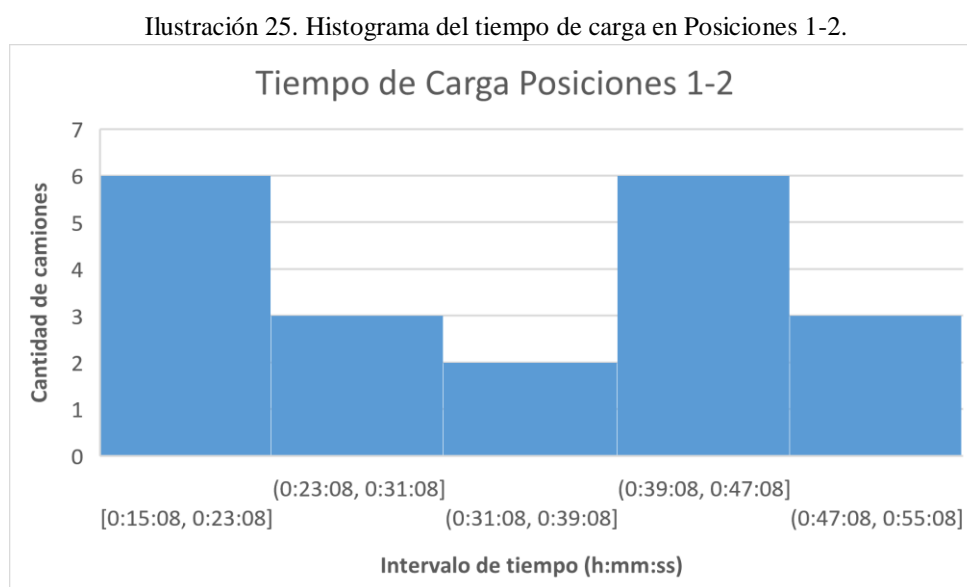


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el histograma anterior, se utilizaron doce rangos para obtener una mejor visión. El histograma muestra que el verdadero problema es que el comportamiento es bimodal, ya que existen dos grandes conjuntos de datos agrupados (Walpole, 2012).

Al observar este comportamiento, toma importancia recordar que las posiciones 1-2 cuentan con dos brazos de diésel (3-4 solo cuentan con uno), por ello es prudente hacer una evaluación por posiciones hermanas.

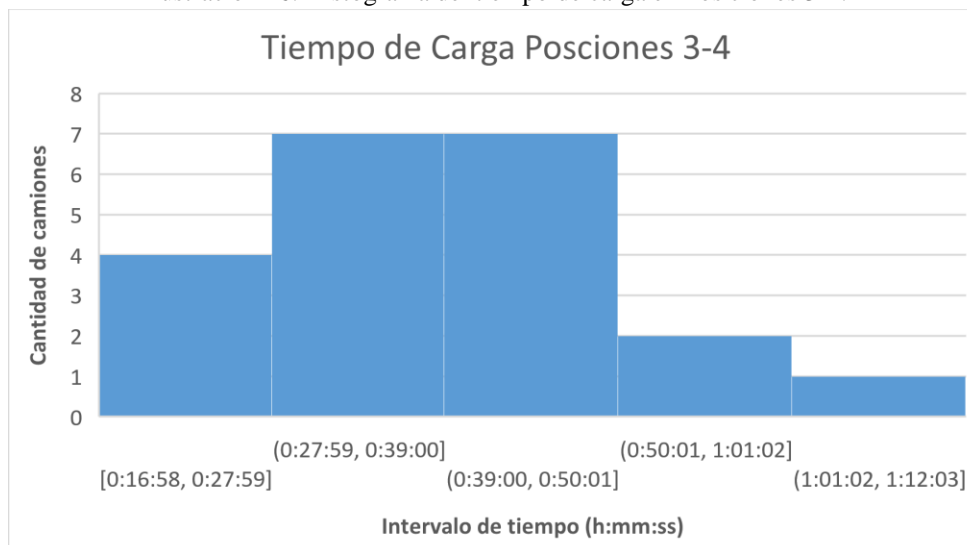
A continuación, se muestran histogramas por cada par de posiciones. Se muestra primero el histograma de las posiciones 1-2:



Fuente: Elaboración propia.

Luego, el de las posiciones 3-4:

Ilustración 26. Histograma del tiempo de carga en Posiciones 3-4.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en los histogramas anteriores, el problema parece presentarse en las posiciones 1-2, ya que las posiciones 3-4 parecen tener el comportamiento de una distribución normal. Para confirmar esto, se procedió a obtener las estadísticas descriptivas del tiempo de carga de cada par de posiciones:

Cuadro 16. Estadísticas descriptivas del tiempo de carga de las Posiciones 1-2.

	Estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga	
	Como fracción del día	h:mm:ss
Media	0.02378183	0:34:15
Error típico	0.00196322	0:02:50
Mediana	0.02442130	0:35:10
Moda	N/A	N/A
Desviación estándar	0.00877979	0:12:39
Varianza de la muestra	0.00007709	0:00:07
Curtosis	-1.47550123	N/A
Coefficiente de asimetría	0.07687504	N/A
Rango	0.02777778	0:40:00
Mínimo	0.01050926	0:15:08
Máximo	0.03828704	0:55:08
Suma	0.47563657	11:24:55
Cuenta	20	20

Fuente: Elaboración propia.

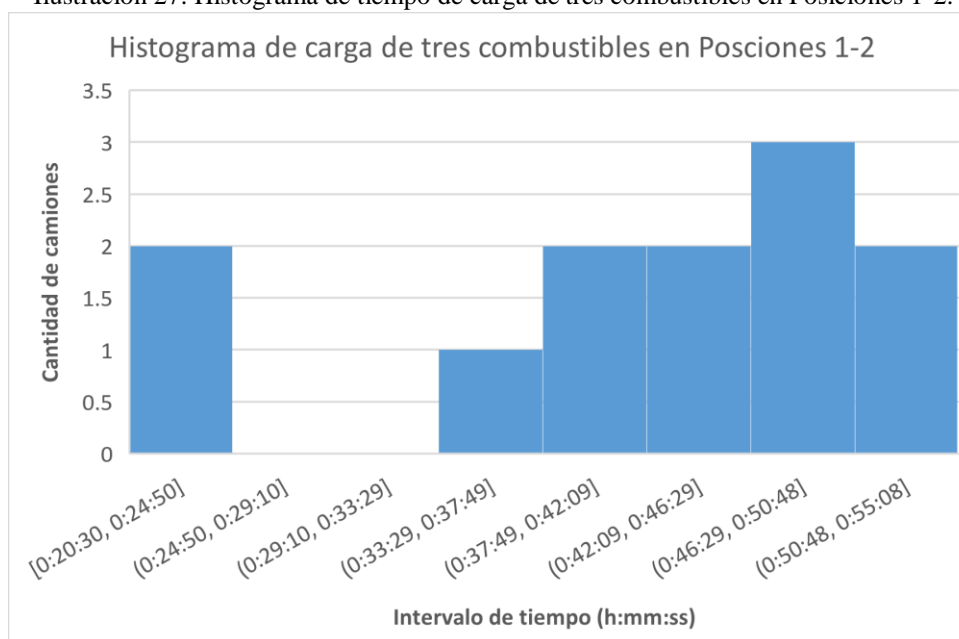
Para la evaluación del cuadro anterior, se utilizarán los mismos criterios que en el tiempo de carga y el tiempo de estadía en planta (curtosis y coeficiente de asimetría).

El coeficiente de asimetría es de 0.0768, lo cual indica que la cola de la distribución apunta hacia la derecha, esto significa que existe un sesgo, pero dado el valor, no es relevante. Hasta este punto se puede seguir asumiendo normalidad.

La curtosis es negativa, -1.4755 (significativamente superior al cero esperado), lo que indica que las colas de la distribución son más livianas y no fuertemente marcadas, lo cual no es propio de una distribución normal. Con este criterio, es suficiente para concluir que los datos no cumplen con la distribución de probabilidad normal.

Lo anterior, refuerza que los tiempos de carga de las posiciones 1-2 no siguen una distribución normal, sin embargo, la media (0:34:15) y la desviación (0:12:39) muestran valores razonables comparado con distribución beta. Al revisar los datos, se observa que los camiones que cargan los tres combustibles generan una fuerte concentración de datos. Lo anterior se observa gráficamente en el siguiente histograma:

Ilustración 27. Histograma de tiempo de carga de tres combustibles en Posiciones 1-2.



Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior demuestra que, incluso al tener dos brazos de diésel, el problema de tener el tiempo de carga alto persiste, ya que 85.37% de los camiones está ligado a la carga de gasolinas, comparado con el 14.63% que solamente carga diésel. Esto es un fuerte indicio que el verdadero problema está en la rotación de los brazos.

Luego que se determinó la causa de lo que ocurre en las posiciones 1-2, se procedió a determinar si el comportamiento del tiempo de carga en las posiciones 3-4 es normal o no. Para ello, se obtuvieron las estadísticas descriptivas de sus respectivos tiempos de carga y se aplicaron los criterios de curtosis y coeficiente de asimetría.

Cuadro 17. Estadísticas descriptivas del tiempo de carga de las Posiciones 3-4.

	<b>Estadísticas descriptivas del Tiempo de Carga</b>	
	<b>Como fracción del día</b>	<b>hh:mm:ss</b>
Media	0.02715002	0:39:06
Error típico	0.00207180	0:02:59
Mediana	0.02668981	0:38:26
Moda	N/A	N/A
Desviación estándar	0.00949419	0:13:40
Varianza de la muestra	0.00009014	0:00:08
Curtosis	0.39204555	N/A
Coefficiente de asimetría	0.26406285	N/A
Rango	0.03825231	0:55:05
Mínimo	0.01178241	0:16:58
Máximo	0.05003472	1:12:03
Suma	0.57015046	13:41:01
Cuenta	21	21

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la información, se analiza la curtosis, la cual es de 0.3920, por lo que no supera considerablemente el cero esperado, e indica que las colas de la distribución tienen una apariencia normal (colas claramente definidas).

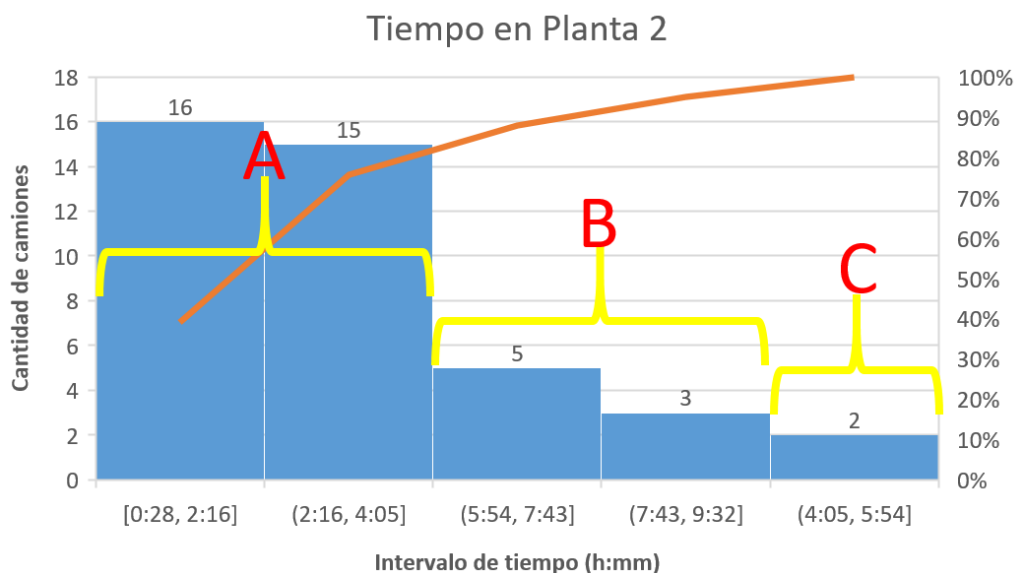
El siguiente criterio, el coeficiente de asimetría, que en este caso tiene un valor de 0.2640, el cual tampoco supera considerablemente el cero esperado, y al ser positivo indica que la cola principal de la distribución apunta hacia la derecha.

Lo anterior, significa que los tiempos de carga para las posiciones 3-4, pueden ser tratados como una distribución normal, en su media (0:39:06) y desviación (0:13:40).

Lo analizado en los dos pares de posiciones, es concluyente en que, el tener dos brazos de carga de diésel, pero solo uno de cada tipo de gasolina, puede incluso, causar más problemas que tener solamente uno, debido a que si un camión llega antes (que la posición hermana), este puede tomar los dos brazos de diésel y generar tiempos muertos en la carga de diésel en la otra posición, pero a su vez, el otro camión le generará tiempos muertos en la carga de gasolinas.

Ya que se han presentado resúmenes del tiempo de estadía en planta y las observaciones relevantes del tiempo de carga, y sus respectivas estadísticas descriptivas, se mostrará un análisis gráfico de lo más relevante para este trabajo de graduación.

Ilustración 28. Pareto de Tiempo Total en Planta 2



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico de Pareto anterior, el 75.61% de los camiones que cargan combustible en la Planta 2, permanecen entre 28 minutos y 4 horas y cinco minutos; este intervalo será llamado “Categoría A en Planta 2”.

Posteriormente, se nombrará como “Categoría B en Planta 2” al siguiente 19.51% de los camiones, los cuales permanecen en planta en el intervalo de 5 horas 54 minutos a 9 horas 32 minutos.

Finalmente, se nombrará “Categoría C en Planta 2” al 4.88% restante de los camiones, los cuales permanecen entre 4 horas 5 minutos y 5 horas 54 minutos.

De los 31 camiones que conforman la Categoría A en Planta 2, 16 de estos demoran entre 28 minutos y 2 horas 16 minutos. El camión que permaneció en planta durante 28 minutos, logró ese tiempo debido a que al momento de su ingreso no existía la misma cantidad de camiones en cola que al inicio de operaciones de la planta y a su vez, el rack 1 (pareja del rack 2 donde realizó la carga) se encontraba vacío, lo que le permitió utilizar los tres brazos de forma simultánea. Caso contrario ocurre con la última observación en este intervalo, la cual registra un tiempo de estadía de 3 horas 9 minutos; debido a que ingreso aproximadamente a la mitad del periodo de interés (congestionamiento alto) y el rack 1 realizó carga simultánea (este camión cargó en rack 2), por lo que su tiempo de carga fue de 52 minutos 15 segundos.

En la Categoría B en Planta 2 se encuentran ocho camiones, donde todos tienen una característica en común; son los primeros en ser atendidos en los turnos. Como se indicó anteriormente, tratan de ser los primeros en ser atendidos por los motivos que se mencionaron, lo que hace que el costo de oportunidad de ser los primeros en cargar combustible sea mayor que llegar después, pero con una espera menor.



En la Categoría C en Planta 2, se tienen dos camiones, que también forman parte de las primeras posiciones en cargar en el turno, pero con tiempos de carga superiores al promedio de las horas evaluadas, considerando que cargaron los tres combustibles, pero los brazos eran utilizados por el camión que cargaba en la posición hermana.

Con lo anterior, se refuerza lo concluido con el Input Analyzer, el 75.61% de los camiones que ingresan a cargar a la Planta 2, demoran hasta tres horas y nueve minutos (tiempo de la observación con mayor estadía en planta del intervalo), cuando el tiempo de menor estadía es de 28 minutos, lo que indica que puede existir un problema con las operaciones de carga en los racks. Para ello se analizará el porcentaje de utilización del tiempo utilizado para las operaciones respecto al tiempo total de estadía en planta.

La razón a calcular para cada camión, está dada por:

$$\text{Porcentaje de utilización} = \left[ \frac{\text{Tiempo de Carga}}{\text{Tiempo en Planta}} \right] * 100$$

Utilizando la razón anterior, los camiones observados en Planta 2 tienen los siguientes porcentajes de utilización:

Cuadro 18. Porcentaje de utilización Planta 2.

<b>Camión</b>	<b>Porcentaje de utilización (%)</b>
1	8,34%
2	6,16%
3	5,48%
4	12,00%
5	22,45%
6	16,67%
7	22,52%
8	33,01%
9	25,12%
10	31,06%
11	58,07%
12	65,40%
13	48,82%
14	49,90%
15	40,39%
16	47,08%
17	65,72%
18	64,39%
19	73,21%
20	51,57%
21	72,52%
22	66,39%
23	10,24%
24	11,96%
25	12,12%
26	16,36%
27	12,43%
28	15,88%
29	12,99%
30	32,53%
31	27,65%
32	22,66%
33	28,18%
34	28,44%
35	25,22%
36	26,36%
37	26,33%
38	56,73%
39	13,86%
40	29,28%
41	72,05%

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior, se puede obtener el siguiente resumen:

Cuadro 19. Resumen porcentaje de utilización en Planta 2.

<b>Resumen del Porcentaje de utilización en Planta 2</b>	
<b>Descriptivo</b>	<b>Valor</b>
Promedio	33.35%
Mínimo	5.48%
Máximo	73.21%
Camiones debajo de 50%	31
Camiones arriba de 50%	10

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en los cuadros anteriores, el Camión 3 es el que tiene el porcentaje de utilización más bajo (5.48%), debido a que permaneció siete horas y cincuenta minutos en la planta y utilizó veinticinco minutos y cuarenta y cuatro segundos para cargar combustible. Aunque el tiempo de carga es menor al promedio general, el tiempo de estadía en planta hace que su porcentaje de utilización sea muy bajo, y este es alto ya que el camión ingresó 21:01 horas y la planta inició operaciones al día siguiente a las 4:00 A.M.

Como se mencionó antes, los pilotos de los camiones buscan obtener las primeras posiciones de carga para llegar a sus destinos y evitar futuros tiempos muertos debido a las restricciones de horario de circulación del transporte pesado, o bien, abastecer estaciones que están operando en niveles de seguridad de inventario o que ya han agotado un combustible.

Caso contrario ocurre con el Camión 19 que obtuvo el mayor porcentaje de utilización (73.21%), el que a su vez es el camión que presenta el tiempo de estadía en planta más bajo (28 minutos). Sin embargo, no es el que presenta el tiempo de carga más bajo (0:20:30), pero logró tener un mejor porcentaje de utilización gracias a que cargó en la posición 2 y la posición hermana (posición 1) no estaba atendiendo a otro camión. Adicionalmente el congestionamiento en la planta ya no era del mismo tipo que al inicio de operaciones.

Se observa que 31 camiones tienen un porcentaje de utilización menor al 50%, lo que representa que el 75.61% de los camiones tiene un proceso de carga ineficiente respecto al tiempo que permanece en la planta, esto puede significar que el procedimiento de carga es el que origina el cuello de botella en la planta.

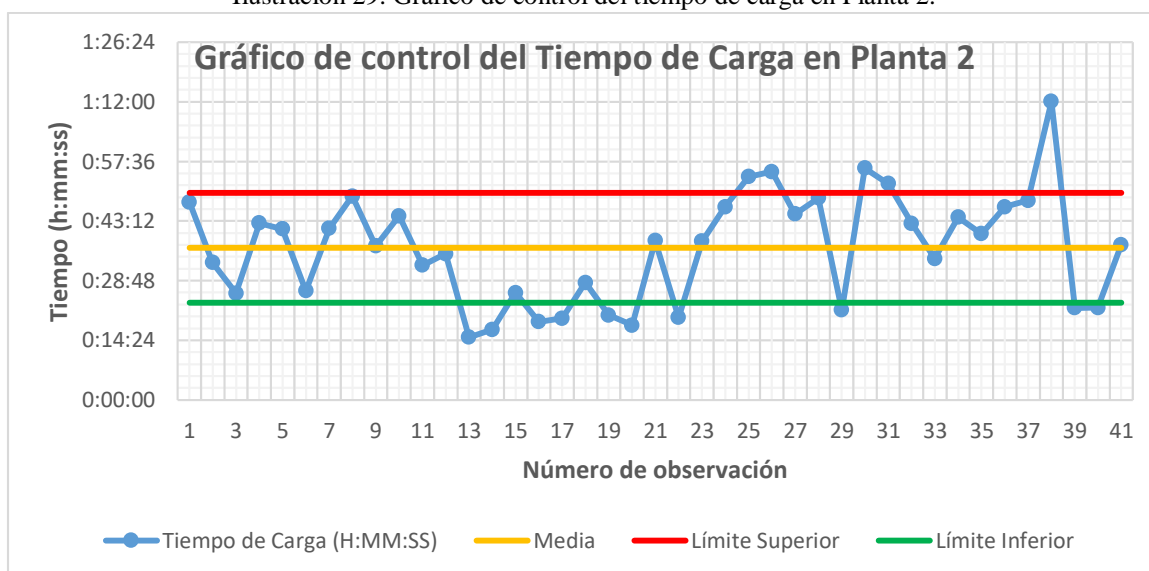
Luego se procedió al análisis del tiempo de carga; para dar una mejor visión de la situación actual, las muestras observadas se muestran en el siguiente gráfico de control. Cabe recordar que el tiempo de carga en esta planta no sigue una distribución normal, sino que presenta bimodalidad, pero como se demostró anteriormente, sus medias y desviaciones no son muy diferentes de las mostradas por las estadísticas descriptivas asumiendo una distribución normal, por lo que se utiliza la media y la desviación de esta para la construcción del gráfico de control.

Para el gráfico de control se tiene:

$$\mu = 0.0255 \equiv 0:36:44$$

$$\sigma = 0.0091 \equiv 0:13:15$$

Ilustración 29. Gráfico de control del tiempo de carga en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico de control anterior, muestra el comportamiento del tiempo de carga para todas las observaciones, la media y desviación del tratamiento que se le da como distribución normal, donde el límite inferior es la media menos una desviación, y el límite superior es la media más una desviación.

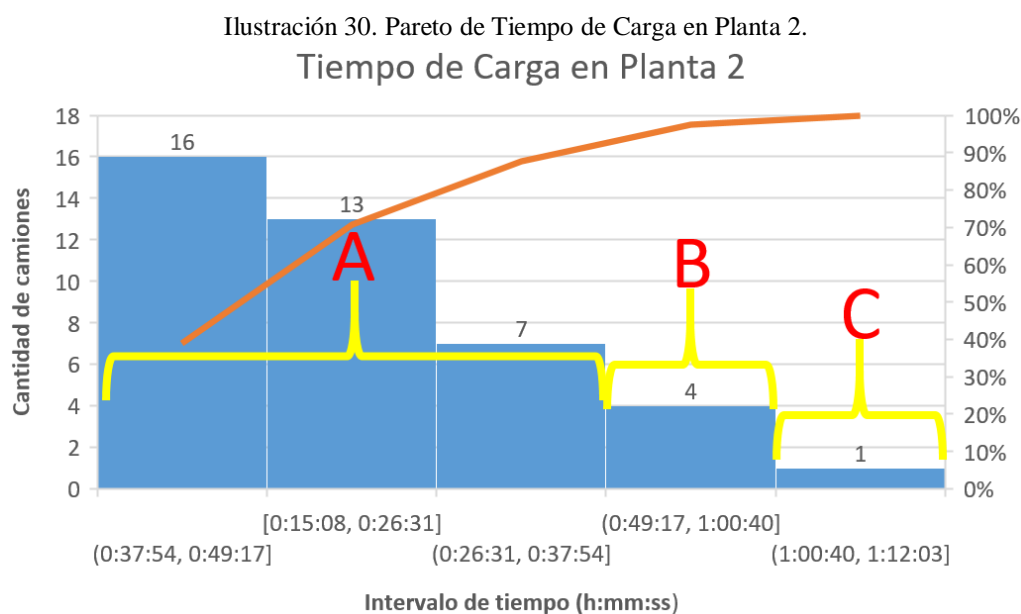
Este gráfico es concluyente en que el tiempo de carga está fuera de control, ya que existen cinco observaciones sobre el límite superior y diez observaciones abajo del límite inferior. Esto significa que el 12.20% de los camiones tiene un tiempo de carga superior al máximo admitido (en condiciones actuales), lo cual puede ser un indicio de la saturación del sistema actual que puede tener repercusiones en el futuro. Caso contrario ocurre con el 24.39% de los camiones que reportan tiempos de carga menores al límite inferior, lo que puede indicar que el sistema no se encuentra tan demandado en ciertos momentos, o bien, de otros factores fuera del alcance de este trabajo (ejecuciones rápidas del chofer del camión y/o del rackero, distribución de cavidades de almacenamiento de los camiones, distribución de los brazos etc.).

Además, se observa que el 41.46% de las observaciones (17 camiones) presentan tiempos dentro del intervalo de control, pero se encuentran sobre la media. La misma situación ocurre con el 21.95% restante (8 camiones), solo que estos se encuentran debajo de la media y dentro del intervalo de control.

Generalizando el gráfico en observaciones debajo y sobre la media, se puede observar que el 43.90% de los camiones (18 observaciones) tiene tiempos de carga menores a la media, lo que significa que el sistema reporta problemas de saturación, ya que menos de la mitad de los camiones logran cargar en menor tiempo

del promedio (con la observación que el promedio puede ser reducido), pero es más importante ver su contraparte, el 56.10% de los camiones tienen tiempos de carga superiores a la media, lo que es un claro indicio de saturación y que debe buscarse una solución que sea capaz de aliviar estos problemas y seguir combatiéndolos a medida que crecen las operaciones de la planta.

A continuación, se muestra un análisis de Pareto sobre el tiempo de carga en esta planta:



En el gráfico de Pareto anterior, se muestra que 36 camiones observados tienen un tiempo de carga entre 15 minutos 8 segundos y 49 minutos y 17 segundos. A este segmento que representa el 87.8% de los camiones, se le llamará “Categoría A en Carga de Planta 2”.

Posteriormente se tiene la que será llamada “Categoría B en Carga de Planta 2”, que se compone de siete observaciones, las cuales representan el 9.76% de los camiones observados, que el intervalo comprende el tiempo de carga entre 49 minutos 17 segundos y una hora con 40 segundos.

Finalmente se tiene una observación con una duración de una hora doce minutos y tres segundos, que comprende un intervalo desde donde finaliza la categoría anterior, hasta esta observación. Esta categoría será llamada “Categoría C en Carga de Planta 2”, la cual representa el 2.44% de los camiones.

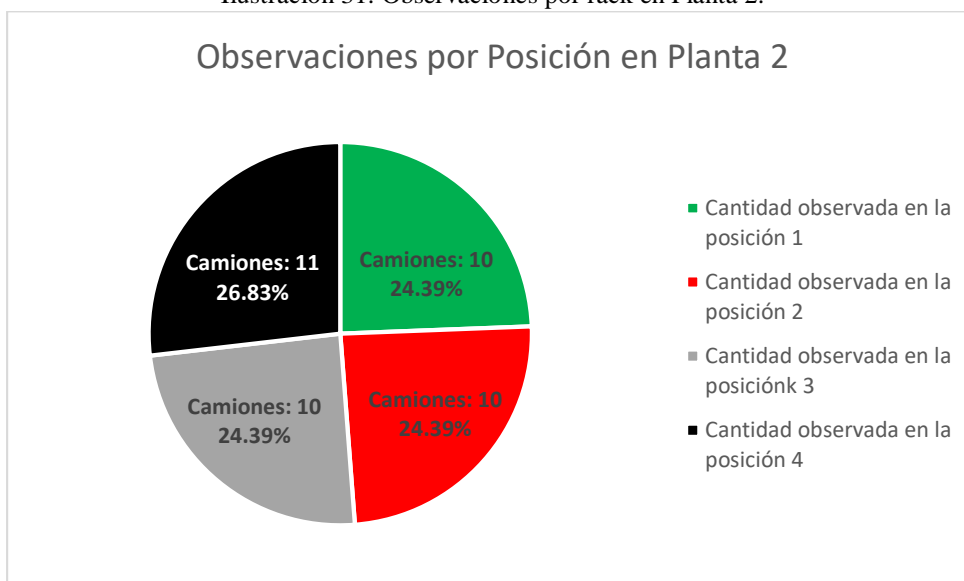
La Categoría A en Carga de Planta 2 se forma de los tiempos de carga más bajos observados, pero también contiene observaciones cercanas a la media y otras con tiempos que superan ésta. Esta categoría se forma de tres intervalos (0:37:54-0:49:17, 0:15:08-0:26:31 y 0:26:31-0:37:54), pero es el primer intervalo el que representa el verdadero problema para la planta, debido a que indica que el 39.02% de los camiones demoran en un intervalo aproximado de 38 a 50 minutos para cargar. Si a este intervalo incluimos el tercero de esta categoría (0:26:31-0:37:54) ya es un problema más amplio.

Si a los últimos dos intervalos en mención se agregan las Categorías B y C, el problema ahora indica que el 68.29% de los camiones demoran más de 26 minutos 31 segundos en realizar la carga; cuando existe un intervalo (0:15:08-0:26:31) dentro de la Categoría A en Carga de Planta 2 que indica que el 31.71% de los camiones cargan en un tiempo menor al resto.

Lo anterior demuestra que las operaciones de carga de combustible son el cuello de botella en esta planta e indica que los porcentajes de utilización son bajos debido a que la mayor parte del tiempo los camiones están haciendo cola para poder cargar los combustibles.

Para poder observar mejor la utilización, se muestra un gráfico de pie para analizar la saturación de las posiciones de carga:

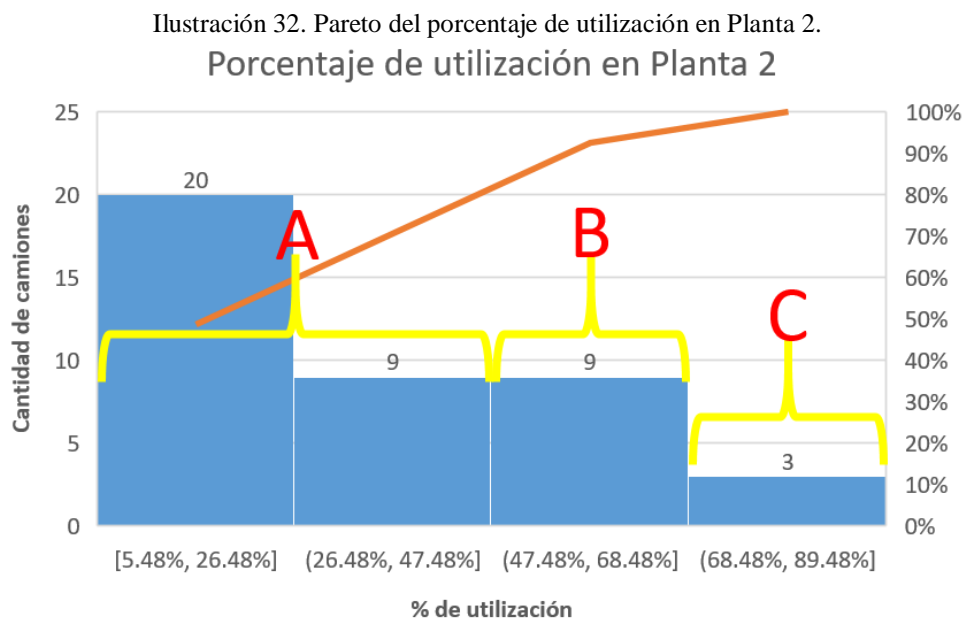
Ilustración 31. Observaciones por rack en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico anterior, tres posiciones (1, 2 y 3) tienen el mismo nivel de utilización (24.39%) respecto a las observaciones realizadas. Sin embargo, la posición 4 tiene una utilización mayor (26.83%) debido a que el total de observaciones es de 41 camiones, pero si la cantidad fuese un múltiplo de cuatro, todos habrían tenido el mismo nivel de utilización respecto a la totalidad de observaciones. Esto es debido a que el sistema está saturado en el horario de análisis, por ende, el cuello de botella se encuentra en las operaciones de carga.

Adicionalmente, se muestra un gráfico de Pareto sobre el porcentaje de utilización del tiempo de carga respecto al tiempo de estadía en planta:



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico de Pareto anterior, el 70.73% de los camiones (Clasificación A) tienen un porcentaje de utilización menor a 47.48% (47.08% máximo de la Clasificación). En esta misma clasificación el promedio de utilización es de 21.47%, lo que significaría que el resto del tiempo los camiones están esperando su turno para cargar (en promedio el 78.53% del tiempo).

En la Clasificación C, se concentra el 7.32% de los camiones con el porcentaje de utilización más alto. En esta clasificación se tiene el intervalo 68.48%-89.48% (73.21% máximo en la Clasificación). Las observaciones que se concentran en esta clasificación corresponden a los camiones 19, 21 y 41.

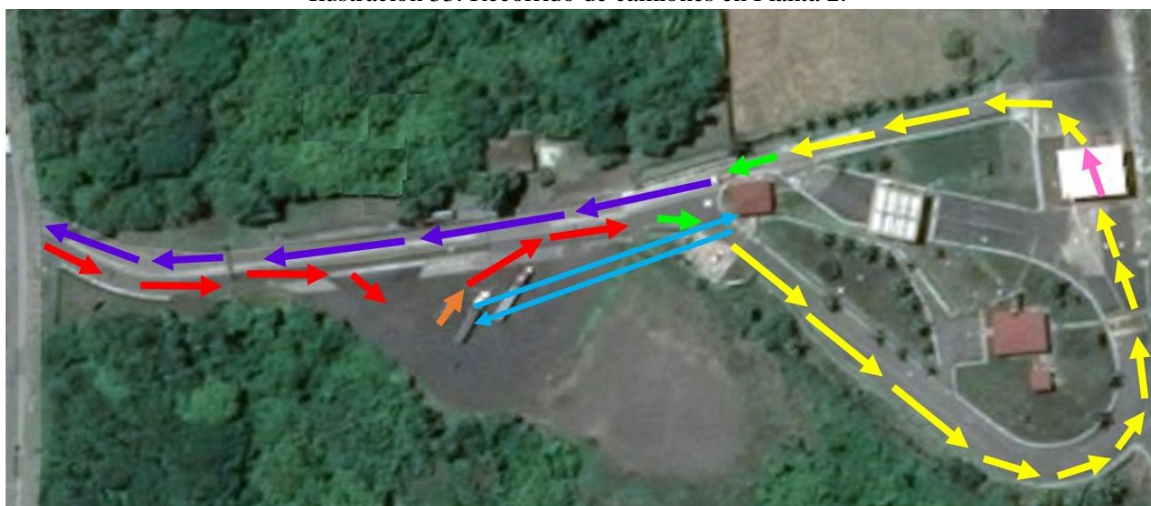
El Camión 19 es el que representa el mayor porcentaje de utilización (73.21%) y lo consiguió gracias a que cargó en la posición 2 y la posición hermana (posición 1) no estaba atendiendo a otro camión. Con respecto a los camiones 21 y 41 logran una mejor utilización que los camiones contenidos en las clasificaciones A y B debido a que minutos después de su colocación en la posición de carga (3 y 4 correspondientemente) los camiones que estaban cargando en las posiciones hermanas terminaron sus operaciones de carga, por lo que cargaron en solitario. Adicionalmente en los tres casos, el congestionamiento en la planta ya no era del mismo tipo que al inicio de operaciones.

Todo lo anterior, viene a reforzar la conclusión que el cuello de botella de la planta ocurre en las operaciones de carga de combustible, por lo que es indispensable buscar una solución que permita aliviar los problemas actuales y a su vez, que sea estratégica para que permita el crecimiento de las operaciones en el largo plazo.

#### b. SISTEMA DE COLA DE CAMIONES

Dentro de la Planta 2 se cuenta con una organización de las líneas de espera diferente a la Planta 1. Antes de mostrar la organización de las líneas de espera, es necesario mostrar como es el recorrido normal de un camión que ingresa a cargar a la Planta 2, por ello se muestra la siguiente imagen:

Ilustración 33. Recorrido de camiones en Planta 2.



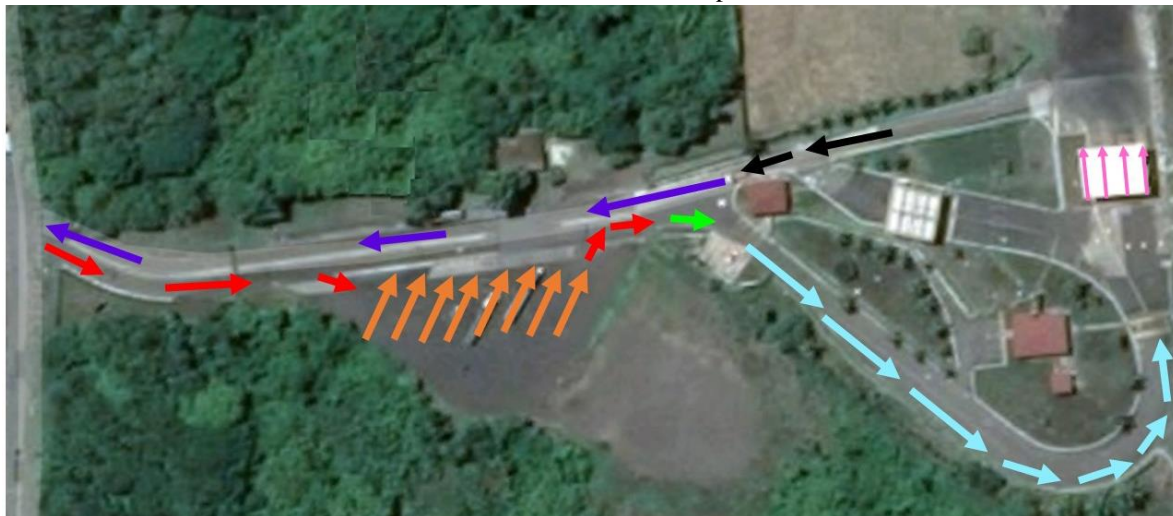
Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

Como se puede observar el recorrido tiene flechas de siete colores diferentes, los cuales tienen el mismo significado que los mostrados para la Planta 1.

Ya que se conoce el recorrido de los camiones en Planta 2, se muestra la forma en la que se distribuyen las líneas de espera dentro de las instalaciones:










Ilustración 34. Distribución de líneas de espera en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

Como se puede observar en la imagen anterior, existen siete colores diferentes, estos tienen el siguiente significado:

Cuadro 20. Clave de colores de la distribución de líneas de espera en Planta 2.

Color	Significado
	Ingreso a instalaciones (no genera cola)
	Espera ingreso a planta (cola)
	Garita hace revision de ingreso (no se permite cola)
	Espera turno de carga (cola)
	Carga de camión
	Garita hace revision de salida (puede existir cola)
	Salida de instalaciones (no genera cola)

Fuente: Elaboración propia.

En esta planta se genera cola para ingresar a la planta (color naranja) y mientras espera turno para cargar el combustible (color celeste), pero esto es debido al tiempo de carga de los camiones (desde que aparcan hasta su retiro de los racks), y como se mencionó anteriormente, es en los racks que se encuentra el cuello de botella de las operaciones de la planta. En algunos casos, en la revisión de salida (color negro) puede generarse cola, pero no es algo que se observe con frecuencia, sino que es algo atípico debido a los tiempos de carga en los racks.

Con el sistema actual, se puede concluir que se encuentra colapsado para los horarios pico de demanda, sin embargo, existe la posibilidad de reducir la cola de camiones que buscan ingresar a planta (color naranja) y de hacer un mejor uso del espacio interno de la planta para que más camiones estén dentro de la planta. Estos aspectos serán abordados en el apartado respectivo más adelante.

## VI. PROPUESTA DE MEJORA

Como se determinó en apartados anteriores, las dos plantas tienen como cuello de botella las operaciones de carga, además que existe la posibilidad de hacer mejoras a la distribución de las líneas de espera dentro de la planta.

Para que el lector pueda comprender las propuestas, se dividen en apartados, las mejoras al sistema de carga y las mejoras al sistema de colas, con la consideración que, en cada apartado cada una de las plantas es tratada de forma individual.

### A. MEJORAS AL SISTEMA DE CARGA DE CAMIONES

Debido a que la carga de combustible en los camiones es el cuello de botella en las dos plantas, que, además, continuará complicando las operaciones en el futuro, ya que el parque vehicular del país que utiliza los combustibles limpios que pueden abastecerse en estas plantas (diésel, gasolinas regular y súper) continuará creciendo.

A continuación, se muestra el tamaño del parque vehicular de Guatemala durante los últimos diez años:

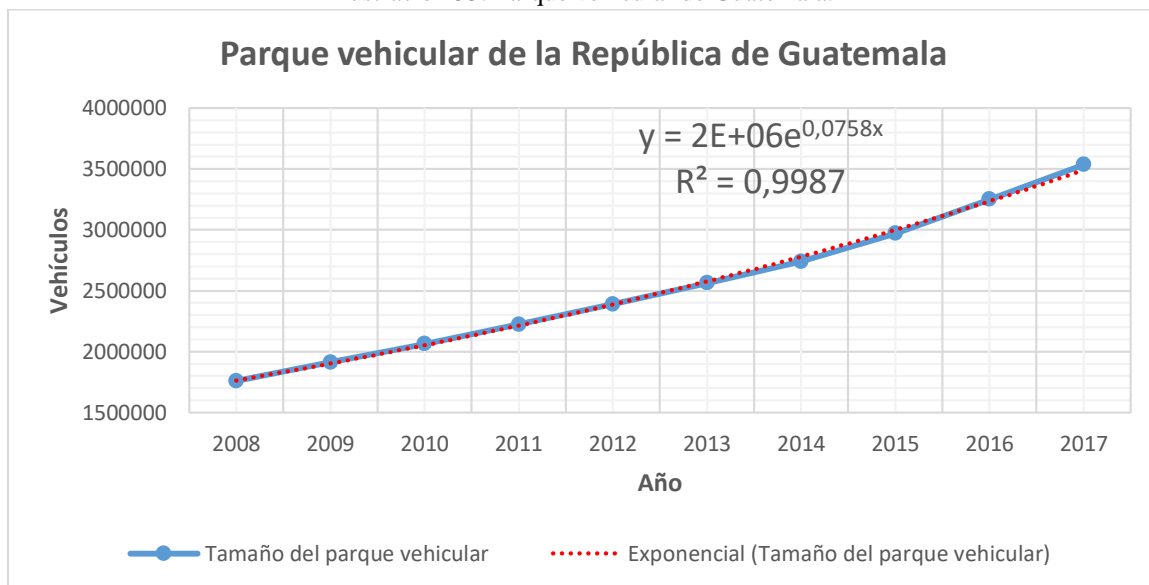
Cuadro 21. Parque vehicular de Guatemala.

<b>Año</b>	<b>Tamaño del parque vehicular</b>
2017	3,535,682
2016	3,250,194
2015	2,970,678
2014	2,738,925
2013	2,562,925
2012	2,389,240
2011	2,222,182
2010	2,064,035
2009	1,912,469
2008	1,760,013

Fuente: Superintendencia de Administración Tributaria (SAT).

La información anterior, proporciona una mejor apreciación cuando se observa de forma gráfica, por lo que se muestra de esa forma a continuación:

Ilustración 35. Parque vehicular de Guatemala.

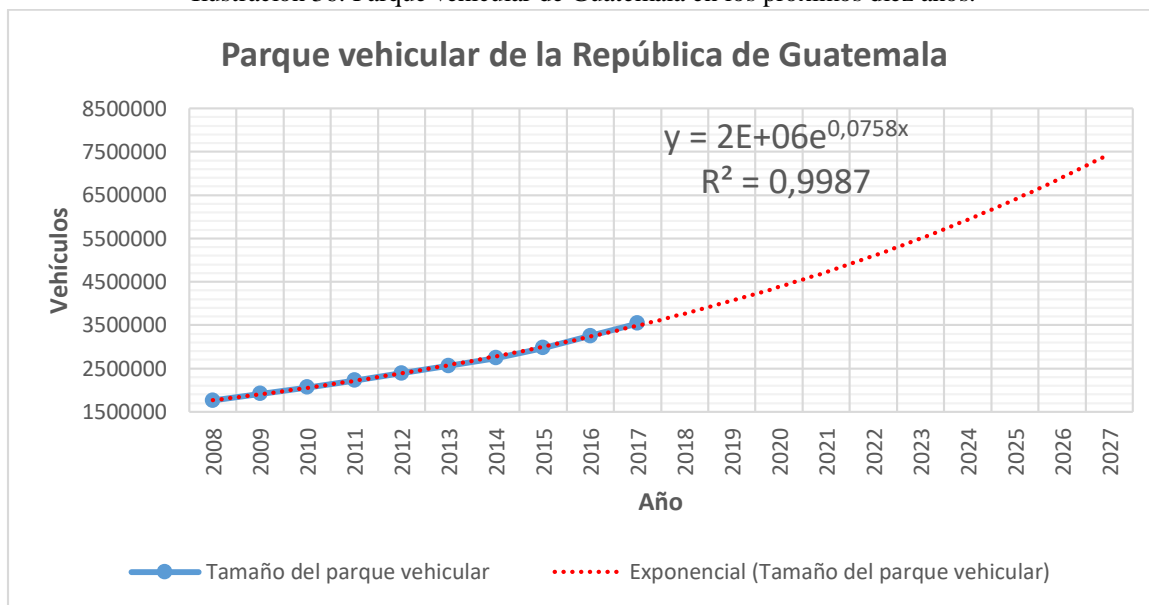


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior indica que el parque vehicular de Guatemala puede modelarse como una función exponencial ( $R^2=0.9987$ ) con la ecuación que aparece en el gráfico.

Adicionalmente, ya que se busca solucionar un problema a largo plazo, se decidió extrapolar el parque vehicular a diez años más, y de esta forma poder dirigir de una mejor forma las propuestas. Los resultados se muestran a continuación:

Ilustración 36. Parque vehicular de Guatemala en los próximos diez años.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico de extrapolación anterior, el parque vehicular de Guatemala en 2027 será prácticamente el doble que el reportado en 2017, por lo que la demanda de combustibles en el país aumentará de forma considerable, y por ende las plantas deben estar preparadas para abastecer el incremento en la demanda, por ello se realizan propuestas estratégicas con vista a una demanda potencial muy grande en los próximos años.

Una vez establecido lo anterior, y con una fuerte tendencia a duplicar el parque vehicular en los próximos diez años, se procedió a analizar las diferentes opciones que pueden ser implementadas en las mejoras propuestas.

Antes de realizar una propuesta, se consideraron las diferentes opciones que existen para hacer más rápida y eficiente la carga de combustible en los camiones, como lo son la carga inferior (*bottom loading*), brazos de carga que incorporan un sistema de recuperación de vapores y brazos de carga como los actuales (permiten movimientos en cuatro dimensiones).

Con las opciones anteriores sobre la mesa, es importante mencionar que cada una tiene sus beneficios, pero también sus inconvenientes que incluso, pueden ser mayores a los beneficios que aportan.

Al proponer una carga inferior (*bottom loading*), se tienen los beneficios de una carga más rápida, ya que se disminuye la curva de incremento de carga (en otras opciones se inicia con un caudal bajo y gradualmente se aumenta) y se genera una carga más estable con un caudal mayor. Esto no solo genera el beneficio de una carga más rápida, sino que existen sistemas de recuperación de vapores (ya sea que se liberen al ambiente o lo condensa para entregar más producto) que contribuyen al cuidado del medio ambiente y de la salud de los rackeros. Pero la carga inferior genera dos grandes problemas, el primero puede ser solucionado por la empresa, que es la instalación de equipo totalmente diferente, ya que los brazos de carga inferior son diferentes e incluyen otros mecanismos, lo que llegaría a representar una inversión muy alta. El segundo problema con este tipo de carga, es que no todos (ni cercano a la mayoría) de los camiones que transportan combustible en el país están adaptados para recibir carga de esta forma, por lo que se sale de control, lo que hace que se descarte esta opción.

Luego, se tiene la opción de los brazos con sistemas de recuperación de vapores. Este tipo de brazo tiene dos beneficios claros, entregar una cantidad mayor (el vapor se condensa y regresa en forma de líquido al brazo para cargarlo de nuevo al camión) de producto al cliente y reducir la emisión de vapores. Pero esta opción también cuenta con dos desventajas muy fuertes; genera costos de mantenimiento (incluso pueden incluir sistemas hidráulicos) y su costo es alrededor de un 45% más que el tipo de brazo actual (SERTECES, 2018). Por las razones anteriores, se descarta la opción.

Ya que se han descartado las dos opciones que podrían competir a la configuración actual, se realizarán las propuestas basadas en esta (brazo que permiten movimientos en cuatro dimensiones).

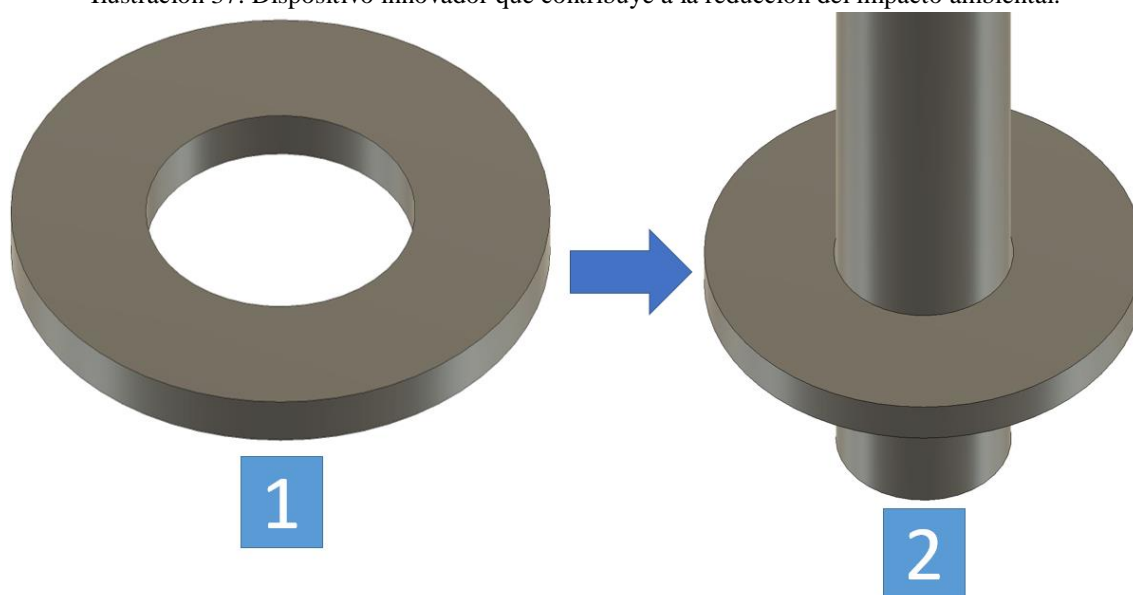
Este tipo de brazo, también tiene sus ventajas, como lo es la movilidad en cuatro dimensiones, lo que permite llegar más lejos y en diferentes ángulos que sus competidores, y es algo que la empresa conoce, por ende, no debe capacitarse al personal ni a los pilotos de los camiones en nuevas tecnologías (lo que generaría

costos). Pero también tiene su contraparte, genera vapores que se liberan al ambiente al momento de cargar el combustible en los camiones.

Para reducir el impacto ambiental que pueden tener estos brazos, se propone un dispositivo innovador que bloquea la liberación de gases al ambiente. Esto no solo protege al ambiente, sino que también la salud de los rackeros y los pilotos de las unidades de transporte, mientras añade beneficios a los clientes, ya que recibirán más producto.

La propuesta de este dispositivo consiste en añadirlo entre la cavidad (superior) de ingreso del camión y el brazo de carga que ingresa a esta. Dicho esto, se muestra de forma gráfica la propuesta:

Ilustración 37. Dispositivo innovador que contribuye a la reducción del impacto ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen anterior, el dispositivo tiene forma cilíndrica con un agujero en el centro para la introducción del brazo de carga. Este dispositivo debería ser fabricado en aluminio, ya que este material es resistente a la corrosión.

Esta solución innovadora tiene como fin primordial, la minimización del impacto ambiental, mediante la reducción de vapores que son liberados al ambiente, y a su vez, también beneficia la salud de los rackeros y de los pilotos de las unidades de transporte, puesto que no estarían expuestos a vapores de hidrocarburos.

Esta propuesta se considera innovadora, puesto que no existe una solución de este tipo en el mercado. Lo único que podría compararse, son los brazos de carga con sistemas de recuperación, pero como se mencionó, sus costos son considerablemente elevados.

Si la propuesta de este dispositivo innovador para la protección del medio ambiente es desarrollada a profundidad, y se lleva a un nivel donde sea viable, no solo representaría un triunfo para la protección ambiental, sino que los clientes también serían beneficiados, puesto que obtendrían una mayor cantidad de producto, ya que se reduce la evaporación del producto.

Cabe mencionar que debe estudiarse a profundidad esta propuesta innovadora, debido a que antes de implementarla, esta debe garantizar la seguridad al momento de ser utilizada.

Ya que se ha decidido que se harán propuestas basadas en la configuración actual, se procede a detallarlas por cada planta.

## 1. PLANTA 1

La línea base establecida en el apartado del análisis de la situación actual, demuestra que el cuello de botella en esta planta ocurre en las operaciones de carga, además, el 52.77% de los camiones tiene un porcentaje de utilización menor al 50% en el tiempo de carga respecto al total en planta.

Adicionalmente, se mostró que el parque vehicular del país crece con una tendencia exponencial, lo que indica que la demanda de combustibles tiene el potencial de crecer de la misma forma.

Las condiciones anteriores llevan a realizar la siguiente propuesta:

Actualmente esta planta cuenta con seis posiciones de carga de los combustibles de análisis (diésel, gasolinas regular y súper), las cuales se distribuyen en pares (E-F, H-I y J-K) y cuentan con cuatro brazos distribuidos de igual forma para cuatro posiciones (dos de diésel, uno de gasolina regular y otro de gasolina súper) y en el caso del rack H-I, se sacrificó un brazo de diésel por uno de ULSD (las gasolinas se distribuyen igual que los demás).

Cuando la planta está saturada, los camiones deben repartirse los brazos del rack y esto genera tiempos muertos, debido a que, si un camión que llegó antes que el de la posición hermana y debe cargar los tres combustibles (cuatro para H-I). Si esto sucede, el camión habrá dejado sin brazos disponibles al otro (posiciones E-F y J-K). También existe el caso que si un camión llevará solamente (o en su mayoría) diésel y este llegó antes, utilizará los dos brazos de diésel (y si es necesario también de gasolinas), por lo que genera tiempos muertos que ocasionan el cuello de botella. Esto se debe a que el camión de la posición hermana no tendrá oportunidad de cargar esos combustibles hasta que el camión que los utilizó primero termine.

Ya que esta es una terminal con mayor capacidad que la segunda analizada, actualmente no representa los mismo retos y dificultades que la Planta 2, pero los análisis indican que con el paso del tiempo llegarán a ser los mismos. Por este motivo es fundamental tener la visión estratégica que permita anticiparse a una gran demanda potencial para los próximos años, ya que, si no se previene, la empresa podría verse afectada debido a que puede no cumplir la demanda en los tiempos requeridos, lo que puede ocasionar que los clientes busquen un proveedor sustituto o peor aún, productos sustitutos.

Para esta planta se sugiere incrementar los brazos de carga, para que de esta forma el funcionamiento de los mismos sea individual y no dependiente de la ocupación y uso de la posición hermana. Para lograr esto, se deben agregar dos brazos (uno por tipo de gasolina) en cada rack. En el caso del rack que contiene las posiciones H-I, se sugiere un estudio específico, debido a que la implementación de un tercer brazo de diésel (existe uno de diésel y otro de ULSD), totalizaría siete brazos en el rack, lo que podría llegar a complicar la movilidad en el mismo. De igual manera se incluye en la propuesta.

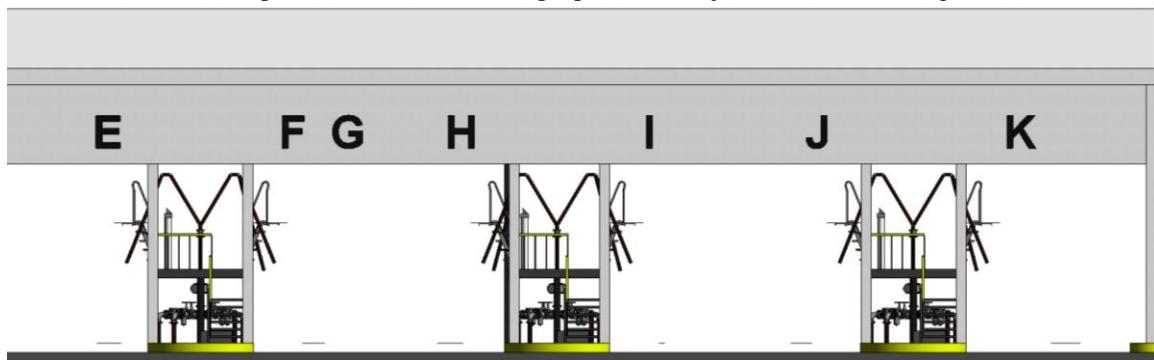
Con lo anterior, se propone que en los racks E-F, J-K se deben añadir dos brazos en cada uno, uno para gasolina regular y otro para gasolina súper. Para el rack H-I también se sugiere la implementación de un brazo por cada tipo de gasolina, pero también añadir otro brazo de diésel, con la observación que debe estudiarse la movilidad en el rack con siete brazos antes de instalarlos.

Podría añadirse más brazos de diésel, por ser el combustible de mayor carga, pero solo se atacaría el problema de forma parcial, ya que el 80.55% de los camiones carga los tres combustibles, el 8.33% carga gasolinas y no diésel y el 2.79% carga diésel y un tipo de gasolina. Lo anterior representa que el 91.67% de los camiones está ligado a las gasolinas, contra el 8.33% que solo carga diésel.

Por lo anterior, la propuesta de agregar más brazos de carga de gasolina, toma validez, debido a que, como se demostró anteriormente, atacaría el 91.67% del problema, en otras palabras, se ataca directamente al cuello de botella de la planta, lo que tiene el potencial de atender una mayor cantidad de camiones en el mismo tiempo de operación (incluso menos), aumentar la satisfacción de los clientes (reciben su producto en menos tiempo) y tener la capacidad de poder atender una gran demanda potencial para los próximos años (el parque vehicular dentro de diez años será prácticamente el doble).

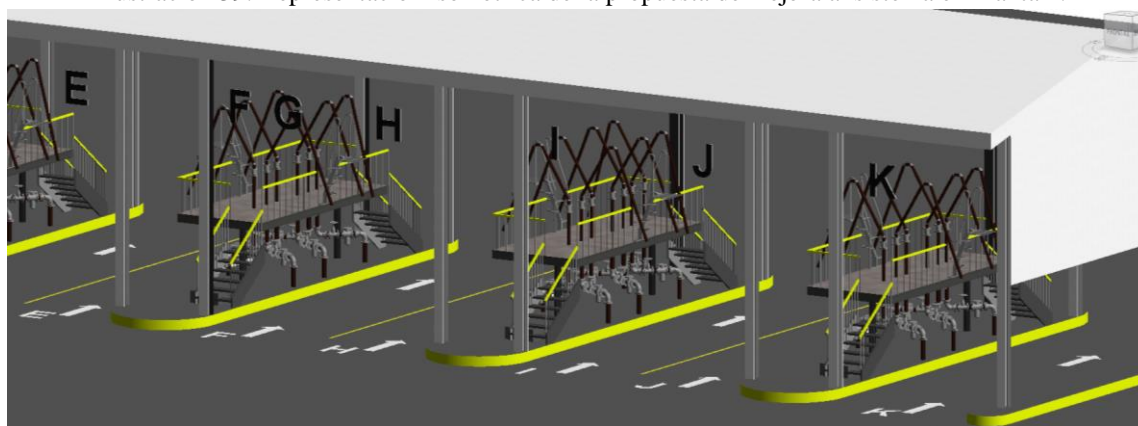
Se muestra a continuación una representación gráfica, elaborada en Revit, de cómo sería la propuesta de una nueva distribución de los brazos de carga:

Ilustración 38. Representación frontal de la propuesta de mejora al sistema de carga en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

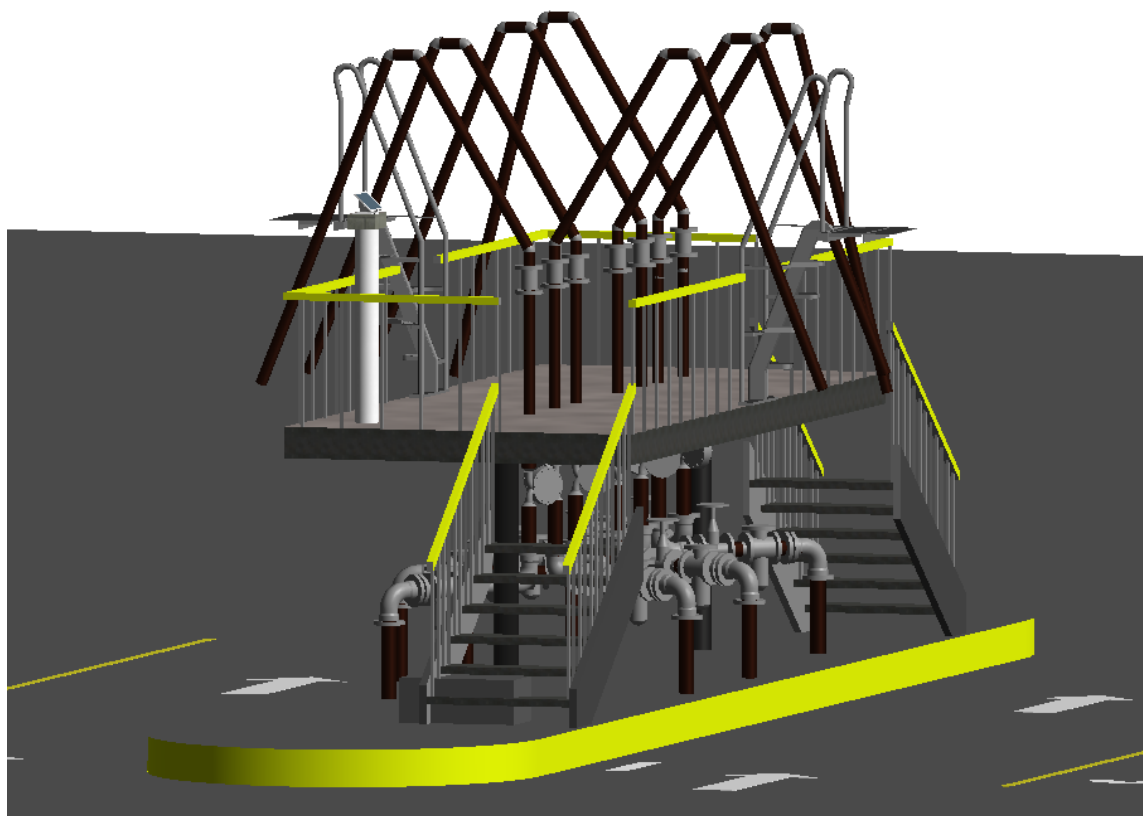
Ilustración 39. Representación isométrica de la propuesta de mejora al sistema en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

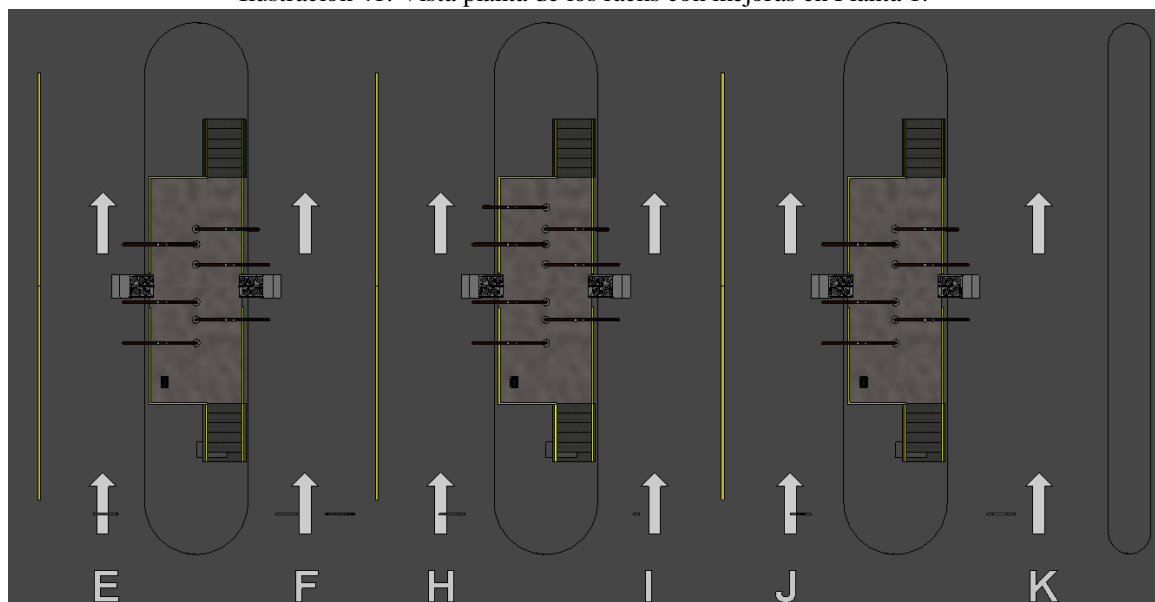


Ilustración 40. Representación del rack con las mejoras en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 41. Vista planta de los racks con mejoras en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

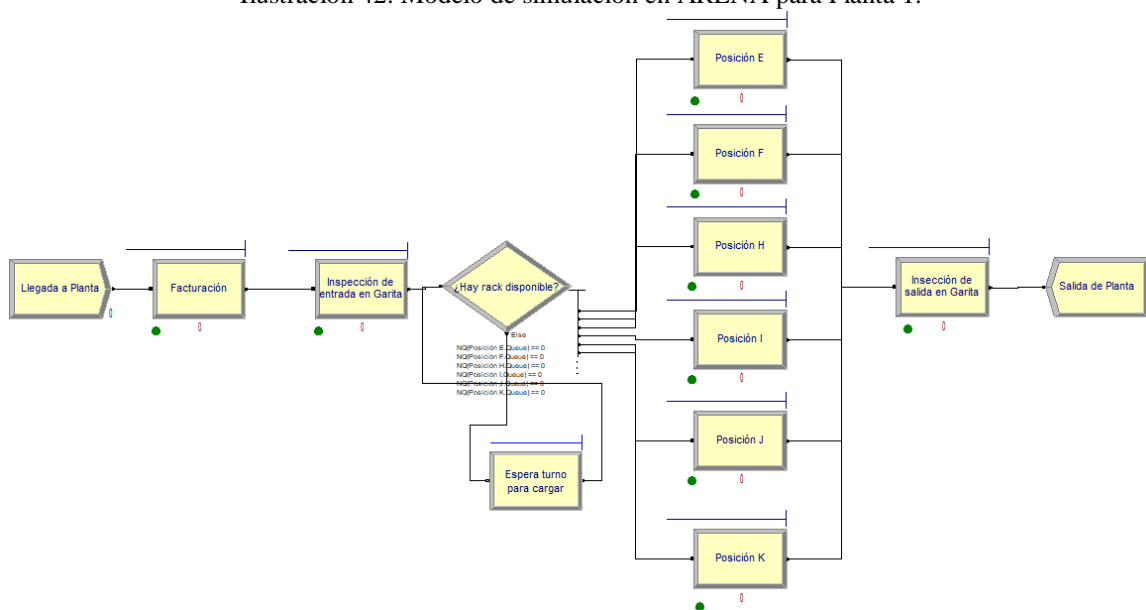
Como se observa en las imágenes anteriores, el funcionamiento de los racks sería independiente para cada posición, lo que contribuye directamente a eliminar los tiempos muertos por compartir los brazos.

La Ilustración 37 muestra la vista frontal, con lo cual se busca demostrar que las mejoras no interfieren con la movilidad de los camiones dentro del área de racks. Por otro lado, las Ilustraciones 38 y 39, buscan mostrar de diferentes ángulos como lucirían los racks con los brazos añadidos, con la mención que la Ilustración 39 muestra el rack que contiene las posiciones H-I, donde se muestran los siete brazos implementados. Finalmente, la Ilustración 40, muestra una vista de planta de todos los racks a los que se proponen mejoras, en esta vista se puede observar la distribución de los brazos para cada posición.

La implementación de esta propuesta no solo conlleva la adquisición de los brazos, sino que también significa que debe adquirirse bombas, filtros, strainers, válvulas y demás equipo. Adicionalmente debe considerarse la adquisición de equipo para administrarlos, así como también los trabajos de instalación, los cuales se deben realizar de forma subterránea y requiere de contratistas especializados. Esto será tratado más adelante en el apartado correspondiente.

Para demostrar que es una propuesta que aumentaría la cantidad de camiones que pueden ser atendidos, se realizó una simulación de procesos en el software ARENA, donde se formó de la siguiente manera:

Ilustración 42. Modelo de simulación en ARENA para Planta 1.



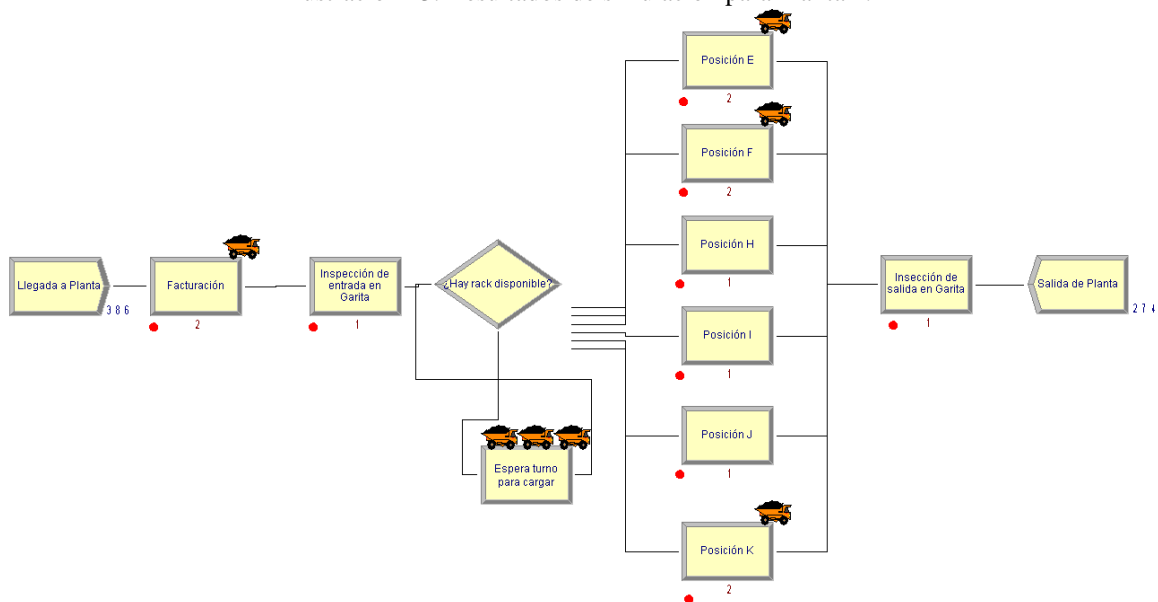
Fuente: Elaboración propia.

Una vez formado el modelo de simulación, se procedió a calcular el promedio del tiempo de los camiones que cargaron los tres combustibles, y que, a su vez, el sistema no se encontraba congestionado (para que no hubiese dependencia del uso de la posición hermana). El tiempo de los camiones que complacen los requerimientos oscila entre 15-29 minutos, por lo que para los fines de la simulación se establecerá el tiempo de carga en el intervalo de 22-24 minutos. Esto con el fin de aumentar el tiempo mínimo para que permita

suficientes holguras y que exista el tiempo suficiente para realizar todos los procedimientos para los pilotos de las unidades y los rackeros.

Lo anterior, significa que se reduce el tiempo de carga (respecto a la media) en un intervalo de: 0:07:32-0:09:32, lo que representa una reducción porcentual en un intervalo de 23.89%-30.23%. Esto se trasladó al simulador de ARENA y se tiene el resultado de simulación:

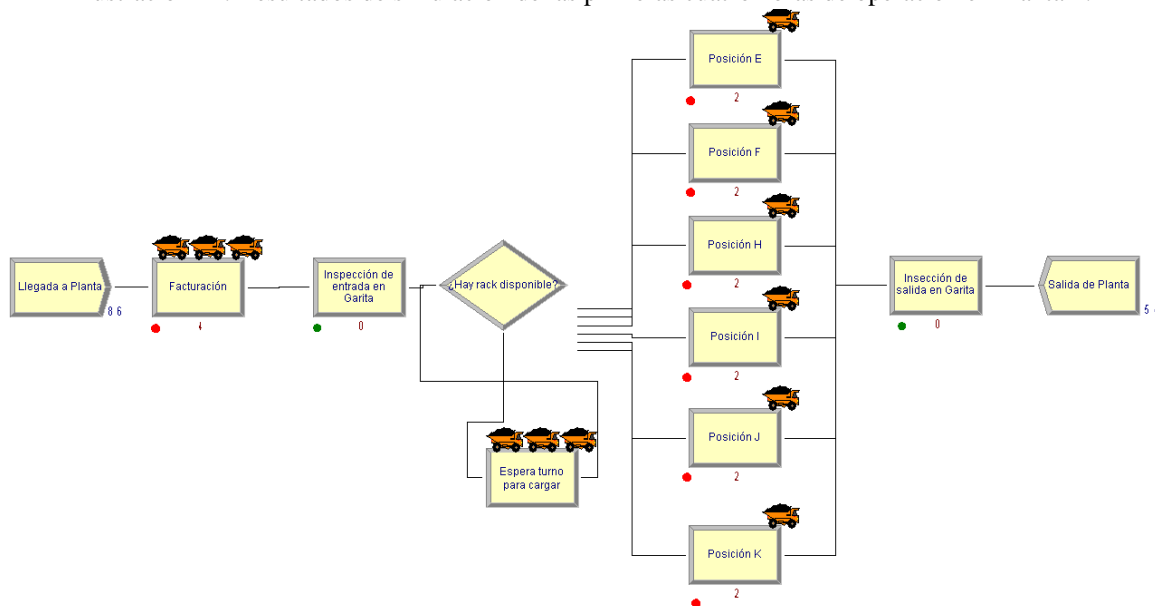
Ilustración 43. Resultados de simulación para Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se demuestra, en un tiempo de 18 horas, se pueden atender completamente 274 camiones (de 386 que ingresan). Si se considera que en el horario de análisis (primeras cuatro horas de operación), se atiende entre 28-36 camiones. Esto representa entre un 24.35%-31.30% de los camiones cargados durante el día, por lo que es correcto evaluar mediante simulación, un periodo de igual longitud, cuatro horas.

Ilustración 44. Resultados de simulación de las primeras cuatro horas de operación en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en los resultados de la simulación, se pueden atender completamente 54 camiones en las mismas cuatro horas. Esto representa un incremento de 50% de atención, lo cual es generado gracias a la reducción del tiempo de carga.

Por lo anterior, la propuesta de mejora gana importancia, ya que permite atender más clientes en el mismo tiempo, lo que será de mucha importancia a medida que el parque vehicular del país crezca. Esto también puede llevar (en el corto o mediano plazo) a la reducción de las horas de operación de la planta y con ello, disminuir costos, sin embargo, para llegar a esto se deben fortalecer las relaciones con los clientes y llegar a un acuerdo donde se comprometan a que sus camiones lleguen antes de cierta hora a la planta.

Se recomienda a la empresa realizar estas mejoras en un plazo que no exceda el mes de diciembre de 2021. Con la observación que debe seguirse muy de cerca el comportamiento del parque vehicular, si este cambia de comportamiento (exponencial) puede aplazarse o anticiparse la implementación de las mejoras. Esto constituye una propuesta de mejora estratégica, puesto que esta planta aumentaría su capacidad de atención a los clientes y estaría preparada para atender una gran demanda potencial en los próximos años, lo que a corto plazo puede llevar a una reducción en los costos de operación, ya que necesitaría menos tiempo de operación para atender la misma (incluso más) cantidad de camiones.

## 2. PLANTA 2

La línea base establecida en el apartado del análisis de la situación actual de esta planta, demuestra que el cuello de botella de esta planta ocurre en las operaciones de carga, además, el 75.61% de los camiones tiene un porcentaje utilización menor al 50% en el tiempo de carga respecto al tiempo total en planta.

Adicionalmente, se mencionó que el parque vehicular del país crece con una tendencia exponencial, por lo que la demanda de combustibles tiene el potencial de crecer de la misma forma.

Las condiciones anteriores llevan a la siguiente propuesta:

Actualmente esta planta cuenta con cuatro posiciones de carga, donde los brazos de carga son compartidos entre las posiciones hermanas de los racks (1-2 y 3-4) donde las posiciones 3-4 cuentan con un brazo por cada tipo de combustible (diésel, gasolina súper y gasolina regular), pero las posiciones 1-2 tienen dos brazos para diésel y uno por cada tipo de gasolina (súper y regular).

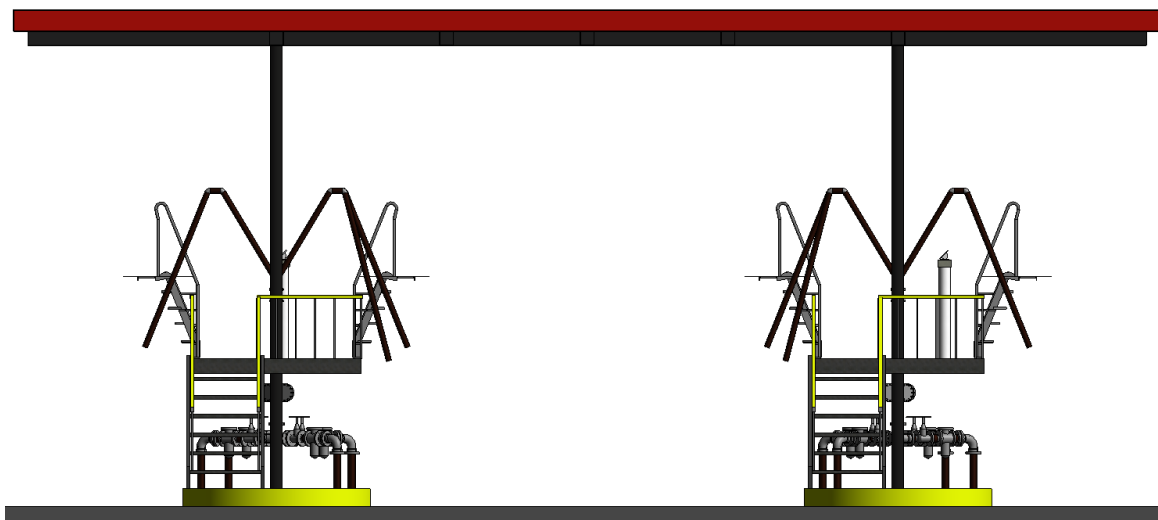
Cuando la planta está saturada, los camiones deben repartirse los brazos del rack y esto genera tiempos muertos, debido a que, si un camión que llegó antes que el de la posición hermana y debe cargar los tres combustibles, este habrá dejado sin brazos disponibles al otro camión (posiciones 3-4), pero también existe el caso que si un camión llevará solamente (o en su mayoría) diésel en las posiciones 1-2 y este llegó antes, utilizará los dos brazos de diésel (y si es necesario también de gasolinas), por lo que genera tiempos muertos en la posición hermana, los cuales, ocasionan el cuello de botella.

Dado que esta planta continúa en crecimiento (antigua terminal ESSO), y a su vez, se encuentra saturada en los picos de demanda, lo que indica que, para seguir creciendo en el futuro, es necesario solucionar el cuello de botella. Para conseguir esto se propone la implementación de más brazos de carga, y con esto, lograr que el funcionamiento de cada posición sea individual y no dependa de la ocupación y utilización de la posición hermana.

Esta propuesta significa que se deben añadir tres brazos en el rack que contiene las posiciones 3-4 y dos brazos en el rack de las posiciones 1-2. Con esto, cada posición tendría a su disposición tres brazos (uno por combustible), lo que conlleva la eliminación de tiempos muertos que se originan por la no disponibilidad de brazos para cargar el mismo combustible de forma simultánea entre posiciones. La propuesta toma validez cuando se recuerda que el 85.37% de los camiones que ingresan a esta planta, cargan los tres combustibles, por lo que existe el potencial de reducir considerablemente el cuello de botella con la implementación de esta propuesta. Lo anterior indica que se tiene el potencial de atender una mayor cantidad de camiones en el mismo tiempo de operación (incluso menos), aumentar la satisfacción de los clientes (reciben su producto en menos tiempo) y tener la capacidad de poder atender una gran demanda potencial para los próximos años (el parque vehicular dentro de diez años será prácticamente el doble).

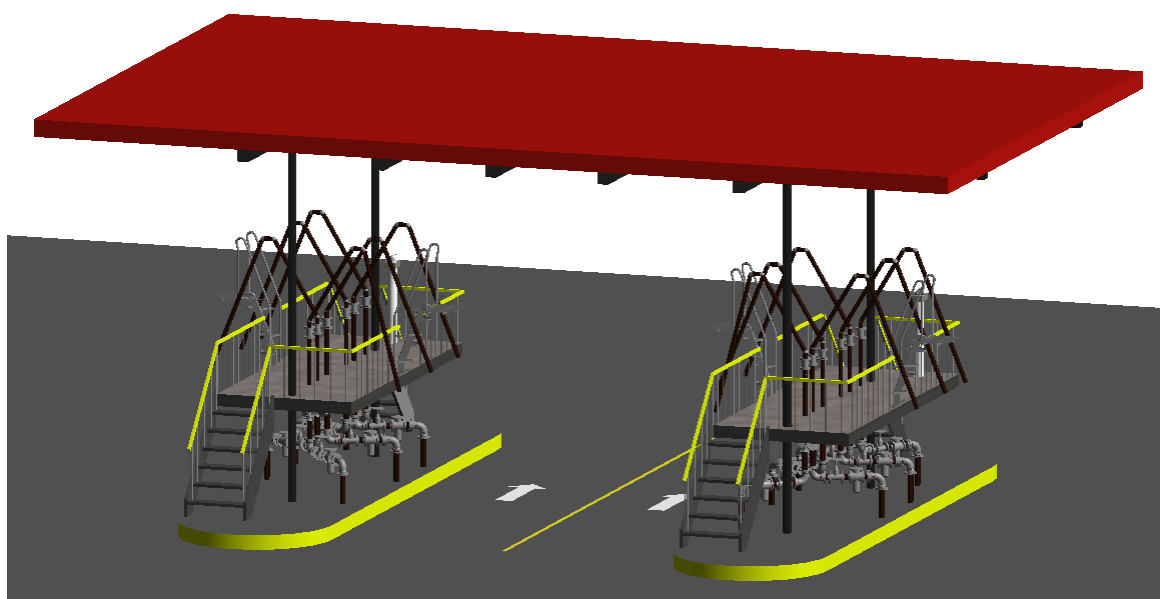
Se muestra a continuación una representación gráfica, elaborada en Revit, de cómo sería la propuesta de una nueva distribución de los brazos de carga:

Ilustración 45. Representación frontal de la propuesta de mejora al sistema de carga en Planta 2.



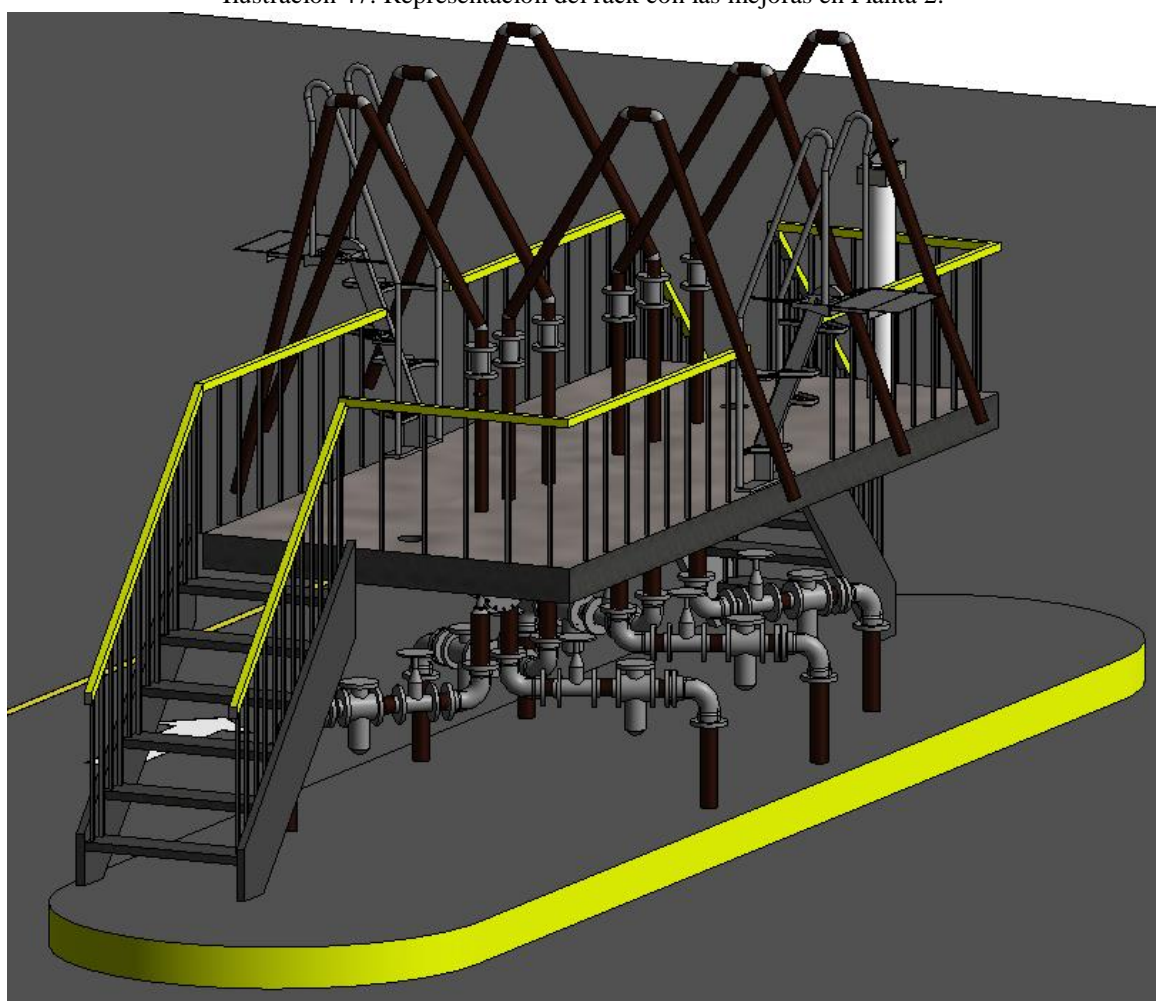
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 46. Representación isométrica de la propuesta de mejora al sistema en Planta 2.



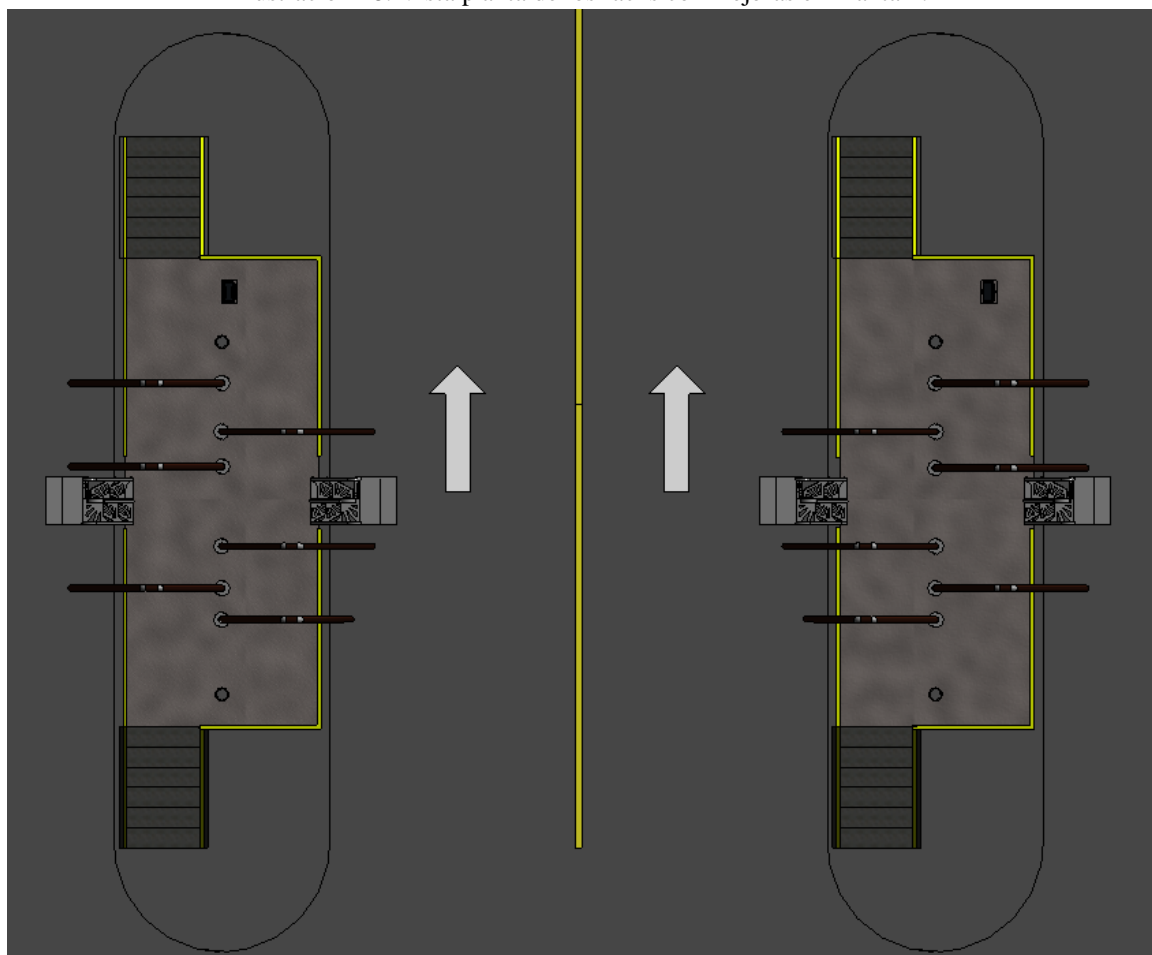
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 47. Representación del rack con las mejoras en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 48. Vista planta de los racks con mejoras en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las imágenes anteriores, el funcionamiento de los racks sería independiente para cada posición, lo que contribuye directamente a eliminar los tiempos muertos por compartir los brazos.

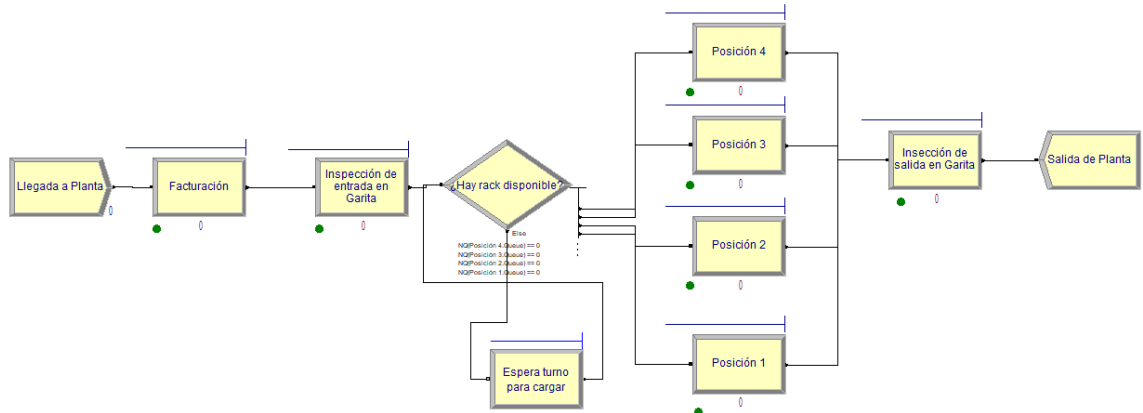
La Ilustración 44 muestra la vista frontal, con lo cual se busca demostrar que las mejoras no interfieren con la movilidad de los camiones dentro del área de racks. Por otro lado, las Ilustraciones 45 y 46, buscan mostrar de diferentes ángulos como lucirían los racks con los brazos añadidos. Finalmente, la Ilustración 47, muestra una vista de planta de los racks, en esta vista se puede observar la distribución de los brazos para cada posición.

La implementación de esta propuesta no solo conlleva la adquisición de los brazos, sino que también significa que debe adquirirse bombas, filtros, strainers, válvulas, entre otros, también debe considerarse la adquisición de equipo para administrarlos y los trabajos de instalación, los cuales se deben realizar de forma subterránea, por ende, deben ser realizados por un contratista especializado. Esto será tratado más adelante en el apartado correspondiente.



Para demostrar que es una propuesta que aumentaría la cantidad de camiones que pueden ser atendidos, se realizó una simulación de procesos en el software ARENA, donde se formó de la siguiente manera:

Ilustración 49. Modelo de simulación en ARENA para Planta 2.

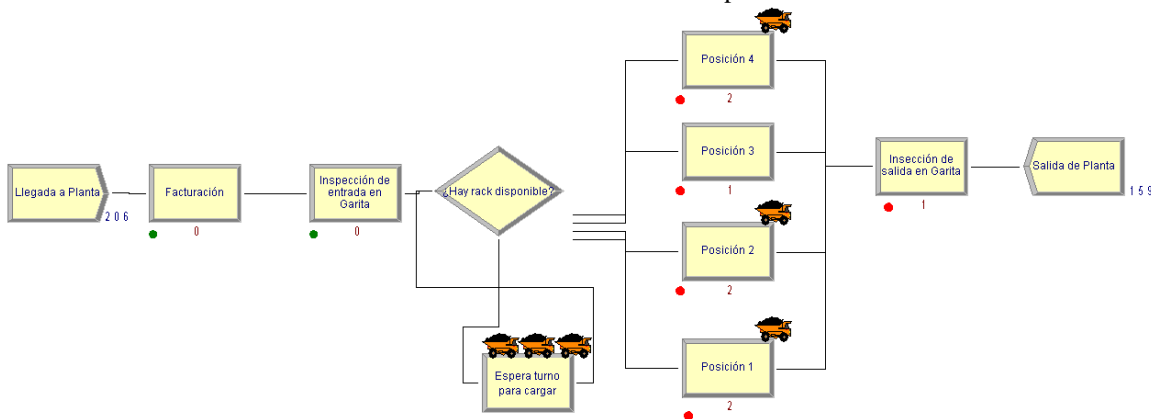


Fuente: Elaboración propia.

Una vez formado el modelo de simulación, se procedió a calcular el promedio del tiempo de los camiones que cargaron los tres combustibles, y que, a su vez, el sistema no se encontraba congestionado (para que no hubiese dependencia del uso de la posición hermana). El tiempo de los camiones que complacen los requerimientos oscila entre 20-26 minutos, por lo que para los fines de la simulación se establecerá el tiempo de carga en el intervalo de 22-24 minutos, esto con el fin de aumentar el tiempo mínimo que permita suficientes holguras y que exista el tiempo suficiente para realizar todos los procedimientos para los pilotos de las unidades y los rackeros.

Lo anterior, significa que se reduce el tiempo de carga (respecto a la media) en un intervalo de: 0:12:44-0:14:44, lo que representa una reducción porcentual en un intervalo de 34.66%-40.11%. Esto se trasladó al simulador de ARENA y se tiene el resultado de simulación:

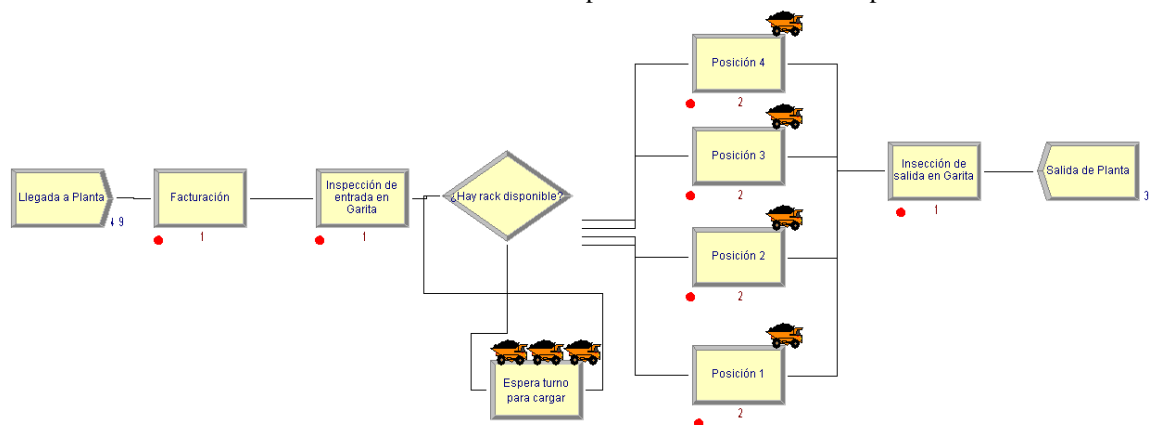
Ilustración 50. Resultados de simulación para Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen anterior, en un tiempo de 16 horas, se pueden atender completamente 159 camiones (de 206 que ingresan). Si se considera que en el horario de análisis (primeras cuatro horas de operación), se atiende entre 19-22 camiones, lo que representa entre un 35%-40% de los camiones cargados durante el día, es correcto evaluar mediante simulación, un periodo de igual longitud, cuatro horas.

Ilustración 51. Resultados de simulación de las primeras cuatro horas de operación en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la simulación, se pueden atender completamente 34 camiones en las mismas cuatro horas. Esto representa un incremento de 54.55% de atención, lo cual es generado gracias a la reducción del tiempo de carga.

Por lo anterior, la propuesta de mejora gana importancia, ya que permite atender más clientes en el mismo tiempo, lo que será de mucha importancia a medida que el parque vehicular del país crezca. Esto también puede llevar (en el corto o mediano plazo) a la reducción de las horas de operación de la planta y con ello, disminuir costos, sin embargo, para llegar a esto se deben fortalecer las relaciones con los clientes y llegar a un acuerdo donde se comprometan a que sus camiones lleguen antes de cierta hora a la planta.

Se recomienda a la empresa realizar estas mejoras en un plazo que no exceda el mes de junio de 2021. Con la observación que debe seguirse muy de cerca el comportamiento del parque vehicular, si este cambia de comportamiento (exponencial) puede aplazarse o anticiparse la implementación de las mejoras. Se propone esta fecha como límite, ya que esta planta requiere de una solución que no solo la prepare para el futuro, sino que también le permita crecimiento para reducir el periodo de recuperación de las inversiones.

A la vez, se recomienda la implementación de las mejoras en esta planta antes que en Planta 1, ya que, si se deben detener las operaciones de esta planta, la otra (Planta 1) tiene la capacidad de atender la demanda que dejaría de atender Planta 2. Además, al tener instaladas las mejoras en esta planta antes que Planta 1, se genera confianza en que esta planta será capaz de atender la demanda propia y la de Planta 1, aunque ciertamente, con colas y saturaciones mayores, pero con un horario de operación extendido será capaz de atender a todos.

Esto constituye una propuesta de mejora estratégica, puesto que esta planta aumentaría su capacidad de atención a los clientes y estaría preparada para atender una gran demanda potencial en los próximos años, lo que a corto plazo puede llevar a una reducción en los costos de operación, ya que necesitaría menos tiempo de operación para atender la misma (incluso más) camiones.

## B. MEJORAS AL SISTEMA DE COLA DE CAMIONES

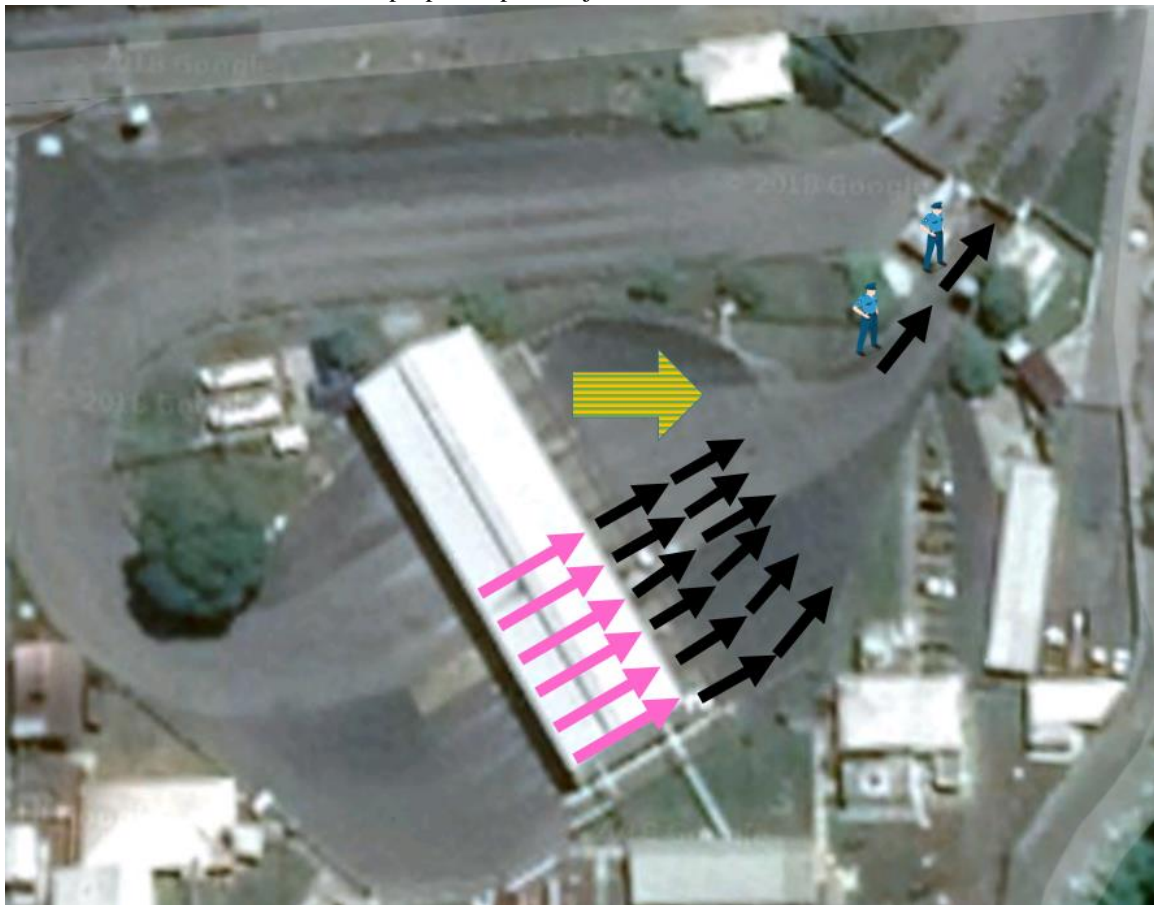
Como se ha mencionado, existe la posibilidad de hacer ciertas modificaciones la distribución de las líneas de espera en las instalaciones, por ello, se detalla en este apartado.

### 1. PLANTA 1

En el análisis de la situación actual de la distribución de líneas de espera se concluyó que la distribución interna es muy buena. Sin embargo, en momentos de alta demanda, la salida se congestiona (hasta doce camiones esperan revisión de salida), lo que puede solucionarse fácilmente de dos formas.

La primera solución es añadir un segundo agente de seguridad que, de forma simultánea al actual, realice las revisiones de salida a otro camión formado en línea con el que está más cercano al portón de salida, lo que permite atender dos camiones en el mismo tiempo.

Ilustración 52. Primera propuesta para mejora en la salida de camiones en Planta 1.

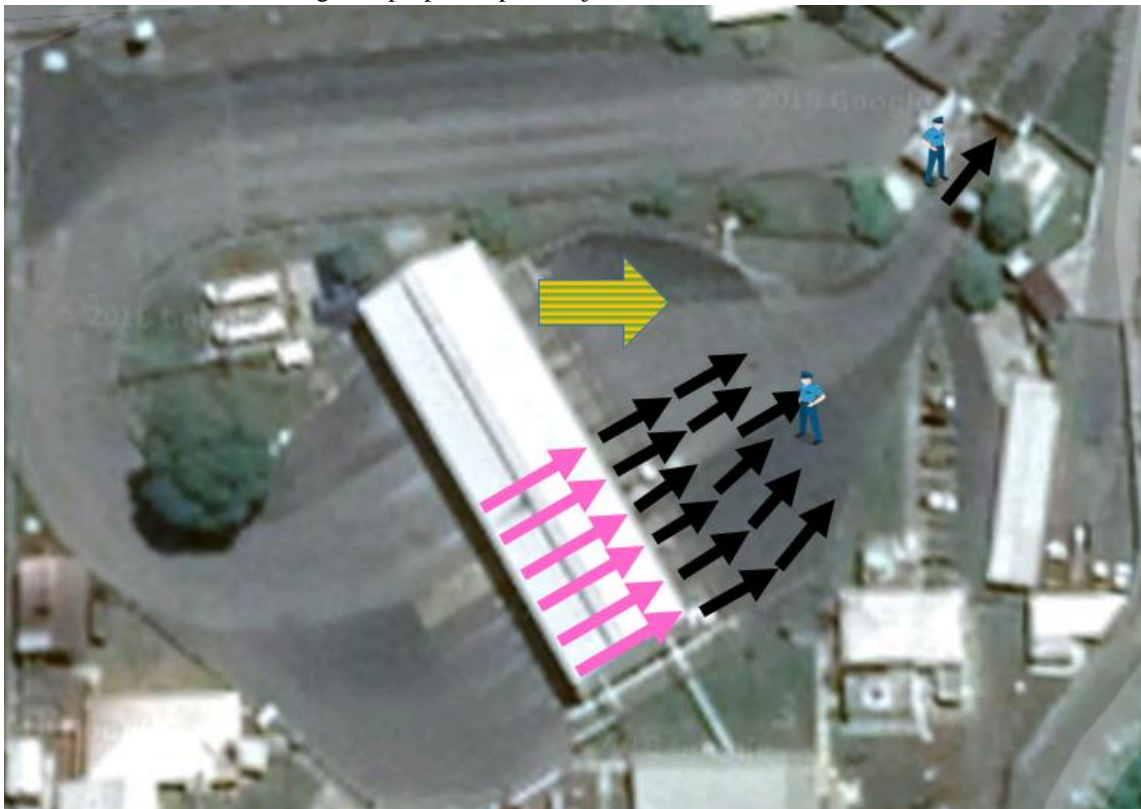


Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

Como se observa en la imagen anterior, se duplica la capacidad de atención en la revisión de salida en garita. Esto se logra por añadir un segundo agente destinado a la revisión, lo cual permite que se atiendan dos camiones de forma simultánea y de esta forma poder aliviar la cola de camiones que esperan revisión de salida (hasta doce camiones). Esto permitiría que los dos camiones en revisión se retiren de la planta de forma simultánea

La segunda solución también involucra añadir un segundo agente, pero no permitiendo que un segundo camión se forme directamente atrás del que está frente al portón de salida, sino que a medida que se incorporan a la cola. Esto significa que un camión avance al portón de salida y otro camión es revisado sin necesidad de trasladarse a la salida. De esta forma, cuando salga el camión que estaba en el portón, el siguiente también tendrá autorizada la salida. Esto se realizaría de la siguiente forma:

Ilustración 53. Segunda propuesta para mejora en la salida de camiones en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

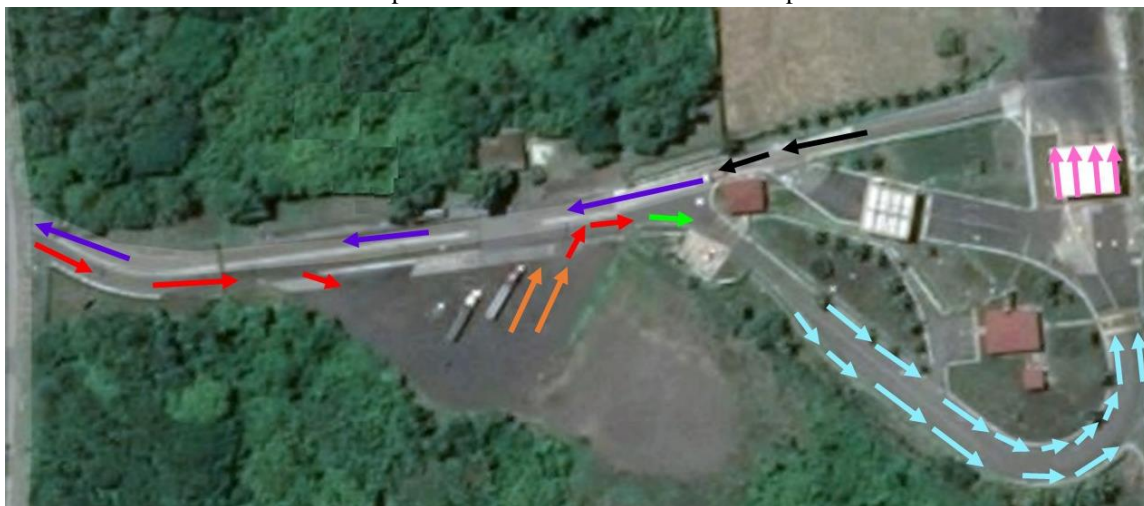
En la imagen anterior, se observa que se pueden revisar dos camiones de forma simultánea, pero no generando cola en garita, sino que se revisa de forma habitual en el portón de salida y a medida que se formaron en la cola, esto contribuye a aliviar el problema que se genera en la revisión de salida (hasta doce camiones esperan dicha revisión). Pero este método tiene dos desventajas principales. La primera, desperdicia el espacio disponible detrás del camión que está en revisión en el portón de salida. La segunda desventaja, puede convertirse en un sistema desordenado si no se lleva un registro (ya sea escrito o en la memoria del agente de seguridad) adecuado del orden en el que se unieron los camiones a la cola.

## 2. PLANTA 2

Como se mencionó anteriormente, existe la posibilidad de reducir los camiones que esperan ingresar a la planta y hacer un mejor uso del espacio interno de la planta. Para conseguirlo, se propone implementar una distribución de líneas de espera similar a la que existe para esperar turno de carga en la Planta 1.

Con la implementación de un segundo carril dentro de la planta mientras se espera turno de carga, se busca reducir la cantidad de camiones que esperan poder ingresar a la planta, por lo que la distribución de las líneas de espera sería de la siguiente forma:

Ilustración 54. Propuesta de distribución de líneas de espera en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia basado en imagen de Google Maps.

Como se muestra en la imagen anterior, se propone la implementación de un segundo carril para la espera de turno para cargar (color celeste). Esto es posible gracias al ancho de piso que existe en esta vía, que es de 7.4 metros.

Al considerar la medida anterior, es importante mencionar que los camiones cisterna y de remolque tienen un ancho promedio de 2.5 metros, lo cual, al introducir un segundo carril en la línea de espera, se tiene una ocupación promedio de 5 metros, con un ancho restante de 2.4 metros, el cual permite transitar con gran facilidad a un Toyota Hilux 2018 entre las dos líneas de espera, el cual tiene un ancho de 1.86 metros (Toyota, 2018), con lo que aún se tiene una holgura de 54 centímetros al momento de considerar los tres vehículos de forma simultánea.

Anteriormente se indicó que se consideran tres vehículos de forma simultánea, esto debido a que para acceder a las oficinas de planta debe utilizarse la misma vía, por lo que debía ser considerado el espacio para transitar entre los camiones en caso de necesitar acceder o retirarse de las oficinas en un vehículo.

La implementación de otro carril, de igual forma respetaría la metodología FCFS, primero en llegar, primero en ser atendido en los racks de carga cuando se libere una posición (Ohio State University, 2018).

Para implementar esta solución, la empresa debe notificar a todos los pilotos que ingresan a la planta de la nueva distribución de las líneas y que se sigue respetando la metodología.

Adicionalmente, implementar esta solución en conjunto con las modificaciones propuestas a los racks de carga contribuiría a disminuir el espacio que utilizan los camiones mientras esperan su turno para cargar y en especial, el espacio que utilizan mientras esperan poder ingresar a la planta.

## VII. ASPECTOS FINANCIEROS

Como se indicó en apartados anteriores, existe la posibilidad de realizar mejoras en las dos plantas, no solo para mejorar las operaciones de carga, sino que también la distribución de las líneas de espera dentro de las plantas. En este apartado se muestra el listado de equipo y servicios en los que se debería invertir para llevar a cabo la implementación de las mejoras propuestas.

Pero para poder otorgar un mejor panorama a la empresa y no solo realizar una propuesta de inversión, se hace un estimado del posible incremento en la utilidad de las plantas en los horarios de interés, mediante la estimación de costos e ingresos debidos al crecimiento potencial que ofrecen las mejoras propuestas.

### A. ANÁLISIS DE INVERSIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

Este apartado es enfocado en el listado de equipo en el que se debe invertir para aumentar la capacidad de carga de combustible en camiones y de los servicios que deben contratarse para la instalación del mismo equipo.

Adicionalmente, se incluyen el valor de las mejoras propuestas a la distribución de las líneas de espera en cada planta.

#### 1. PLANTA 1

Como se mencionó, en esta planta existe la posibilidad de aumentar la capacidad de carga de combustibles limpios (diésel y gasolinas regular y súper), y con ello reducir el cuello de botella de la planta, y a la vez, tener la capacidad para abastecer de una forma más rápida la gran demanda potencial para los próximos años. Esto constituye la propuesta de CAPEX para esta planta.

La inversión relacionada a las mejoras propuestas es para la ampliación de la capacidad de carga de los camiones, por ello se hace un detalle de lo que esta conlleva:

Cuadro 22. Detalle de propuesta CAPEX en Planta 1.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
7	Brazo de carga de 4 dimensiones	130,000.00	910,000.00
7	Válvula de bola 4"	5,800.00	40,600.00
7	Medidor volumétrico (Hasta 750GPM)	135,000.00	945,000.00
7	Válvula presentadora 4"	95,000.00	665,000.00
7	Filtros tipo canasta	17,850.00	124,950.00
7	Válvula tipo check 6"	25,500.00	178,500.00
7	Válvula tipo compuerta 6"	3,500.00	24,500.00
7	Bomba de 4" de entrada y 3" de salida, incluye motor Baldor	155,000.00	1,085,000.00
3	Sistema de despacho Accuload	350,000.00	1,050,000.00
1	Trabajos de instalación (incluye obra civil, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas, calibraciones) hasta puesta en marcha		3,575,000.00
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.8,598,550.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según el cuadro anterior, la propuesta CAPEX se totaliza en Q.8,598,550.00, los cuales incluyen los equipos necesarios para implementar la propuesta de mejora a las operaciones de carga, así como también los trabajos de instalación de los mismos y que estén listos para operar.

## 2. PLANTA 2

En esta planta también existe la posibilidad de aumentar la capacidad de carga de combustibles limpios (diésel y gasolinas regular y súper) de la planta, y con ello reducir el cuello de botella de la misma. A la vez, tener la capacidad para abastecer de una forma más rápida la gran demanda potencial para los próximos años. Esto constituye la propuesta de CAPEX para esta planta.

Además, existe la posibilidad de hacer cambios en las líneas de espera dentro de la planta, por lo que estos cambios también son considerados.

Al igual que en la Planta 1, la mayor inversión es la relacionada a la ampliación de capacidad de carga de los camiones, por ello se hace un detalle de lo que esta inversión conlleva:



Cuadro 23. Detalle de propuesta CAPEX en Planta 2.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
5	Brazo de carga de 4 dimensiones	130,000.00	650,000.00
5	Válvula de bola 4"	5,800.00	29,000.00
5	Medidor volumétrico (Hasta 750GPM)	135,000.00	675,000.00
5	Válvula presentadora 4"	95,000.00	475,000.00
5	Filtros tipo canasta	17,850.00	89,250.00
5	Válvula tipo check 6"	25,500.00	127,500.00
5	Válvula tipo compuerta 6"	3,500.00	17,500.00
5	Bomba de 4" de entrada y 3" de salida, incluye motor Baldor	155,000.00	775,000.00
2	Sistema de despacho Accuload	350,000.00	700,000.00
1	Trabajos de instalación (incluye obra civil, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas, calibraciones) hasta puesta en marcha		2,655,000.00
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.6,193,250.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior, la propuesta CAPEX se totaliza en Q.6,193,250.00, los cuales incluyen los equipos necesarios para implementar la propuesta de mejora a las operaciones de carga, así como también los trabajos de instalación de los mismos y que estén listos para operar.

## B. ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO DE LAS UTILIDADES

Como se demostró anteriormente, las propuestas de mejora tienen el potencial de aumentar la cantidad de clientes que se atienden en el mismo tiempo, e incluso prepararse para una futura demanda potencial muy grande debido a que el parque vehicular de Guatemala tiene un comportamiento exponencial.

El presente trabajo, no solo presenta propuestas que disminuyan el tiempo de carga de los camiones, sino que también busca evaluar si las mismas le traerían un beneficio adicional a la empresa o no. Por ello se hace una estimación de las utilidades del sistema actual y se comparan con las que se podrían obtener gracias a las mejoras.

Es importante mencionar que los ingresos serán estimados en base a los datos utilizados para el cálculo del tamaño de muestra de cada planta y los mostrados por los resultados de las simulaciones. A su vez, los costos y los gastos serán estimados en base a precios de mercado multiplicados por un factor (los diferentes combustibles), salarios (se utilizarán salarios superiores al mínimo legal), costo de energía eléctrica por KWh (se inflará el precio que rige al municipio), entre otros factores. Se hace énfasis en que los costos y gastos serán inflados, ya que, si se logra obtener utilidades con las peores condiciones, la propuesta tomará un mayor grado de relevancia.

Cabe mencionar que para este apartado se harán los cálculos en periodos mensuales o anuales (según sea necesario), ya que trabajar solamente en los periodos de tiempo que se analizaron, no sería conveniente por los costos, ya que estos están en función mensual y se logra una mejor apreciación haciéndolo en estos periodos. A continuación, se muestran las estimaciones por planta.

## 1. PLANTA 1

Como se mencionó anteriormente, el propósito de este apartado es estimar las utilidades evaluando el escenario actual, y el escenario que se generaría debido a las mejoras propuestas. Primero se mostrarán los estimados para la situación actual, y luego correspondientes a los relacionados a las propuestas de mejoras.

En ambos escenarios se define lo siguiente referente al personal y el costo de la energía eléctrica:

Cuadro 24. Descripción de cantidades y costos de operación mensuales Planta 1.

Cantidad	Descripción	Q/unidad	Total (Q)
10	Agente de seguridad	6,500.00	65,000.00
20	Rackero	7,000.00	140,000.00
3	Supervisores de planta	20,000.00	60,000.00
6	Facturadores	6,000.00	36,000.00
20	Colaboradores de otras áreas	5,500.00	110,000.00
1	MW-h (Energía Eléctrica)	1,800.00	1,800.00

Fuente: Elaboración propia.

También se muestran los siguientes supuestos referentes a al precio de venta y costo de cada combustible:

Cuadro 25. Descripción de costos y precios de venta en Planta 1.

Descripción	Q por unidad
Costo galón de diésel	8.64
Costo galón de gasolina regular	10.56
Costo galón de gasolina súper	11.52
Precio de venta de diésel	9.00
Precio de venta de gasolina regular	11.00
Precio de venta de gasolina súper	12.00

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar una mejor estimación, se tiene el porcentaje de demanda que representa cada mes en el año. Cabe mencionar que el total anual de camiones cargados en esta planta es de: 25,800.

Cuadro 26. Porcentaje de demanda mensual respecto al total anual Planta 1.

Mes	% de la demanda anual
Enero	7.752%
Febrero	6.976%
Marzo	8.140%
Abril	9.302%
Mayo	8.140%
Junio	8.527%
Julio	7.752%
Agosto	7.752%
Septiembre	8.527%
Octubre	8.915%
Noviembre	8.527%
Diciembre	9.690%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se vio en el análisis de la situación actual, es diferente la cantidad de camiones que carga cada combustible, por lo que se tiene el siguiente supuesto respecto al porcentaje de venta de combustible:

Cuadro 27. Distribución del porcentaje de venta total de combustibles en Planta 1.

Combustible	% de venta total
Diésel	33.67%
Gasolina regular	32.65%
Gasolina súper	33.67%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro anterior, la cantidad que representa cada combustible en las ventas es muy similar, esto debido a que la mayor parte de los camiones que ingresan, cargan los tres combustibles.

Adicionalmente, cabe mencionar que ingresan camiones de capacidades variables (4,000, 8,000 e incluso 10,000 galones) por lo que se tiene como supuesto que solamente se consideran camiones que cargan 8,000 galones.

Para efectos de análisis, se condensa la información mostrada en los cuadros anteriores y en el cuadro siguiente, se muestra un total galones que son cargados de cada combustible:

Cuadro 28. Cantidad de venta total anual de combustibles en Planta 1.

Combustible	Cantidad de galones
Diésel	69,504,000
Gasolina regular	67,392,000
Gasolina súper	69,504,000
<b>Total</b>	<b>206,400,000</b>

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las condiciones definidas anteriormente, se tiene la definición de ingresos por mes:

Cuadro 29. Descripción de ingresos en Planta 1.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Venta diésel	Venta regular	Venta Súper	Total Venta
Enero	5387200	5224000	5387200	Q 48,484,800.00	Q 57,464,000.00	Q 64,646,400.00	Q 170,595,200.00
Febrero	4848480	4701600	4848480	Q 43,636,320.00	Q 51,717,600.00	Q 58,181,760.00	Q 153,535,680.00
Marzo	5656560	5485200	5656560	Q 50,909,040.00	Q 60,337,200.00	Q 67,878,720.00	Q 179,124,960.00
Abril	6464640	6268800	6464640	Q 58,181,760.00	Q 68,956,800.00	Q 77,575,680.00	Q 204,714,240.00
Mayo	5656560	5485200	5656560	Q 50,909,040.00	Q 60,337,200.00	Q 67,878,720.00	Q 179,124,960.00
Junio	5925920	5746400	5925920	Q 53,333,280.00	Q 63,210,400.00	Q 71,111,040.00	Q 187,654,720.00
Julio	5387200	5224000	5387200	Q 48,484,800.00	Q 57,464,000.00	Q 64,646,400.00	Q 170,595,200.00
Agosto	5387200	5224000	5387200	Q 48,484,800.00	Q 57,464,000.00	Q 64,646,400.00	Q 170,595,200.00
Septiembre	5925920	5746400	5925920	Q 53,333,280.00	Q 63,210,400.00	Q 71,111,040.00	Q 187,654,720.00
Octubre	6195280	6007600	6195280	Q 55,757,520.00	Q 66,083,600.00	Q 74,343,360.00	Q 196,184,480.00
Noviembre	5925920	5746400	5925920	Q 53,333,280.00	Q 63,210,400.00	Q 71,111,040.00	Q 187,654,720.00
Diciembre	6734000	6530000	6734000	Q 60,606,000.00	Q 71,830,000.00	Q 80,808,000.00	Q 213,244,000.00
<b>Total anual</b>	<b>69494880</b>	<b>67389600</b>	<b>69494880</b>	<b>Q625,453,920.00</b>	<b>Q741,285,600.00</b>	<b>Q833,938,560.00</b>	<b>Q2,200,678,080.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se tiene la definición de los costos de los productos por mes:

Cuadro 30. Descripción actual de costos de producto en Planta 1.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Compra diésel	Compra regular	Compra Súper	Total Compra
Enero	5387200	5224000	5387200	Q 46,545,408.00	Q 55,165,440.00	Q 62,060,544.00	Q 163,771,392.00
Febrero	4848480	4701600	4848480	Q 41,890,867.20	Q 49,648,896.00	Q 55,854,489.60	Q 147,394,252.80
Marzo	5656560	5485200	5656560	Q 48,872,678.40	Q 57,923,712.00	Q 65,163,571.20	Q 171,959,961.60
Abril	6464640	6268800	6464640	Q 55,854,489.60	Q 66,198,528.00	Q 74,472,652.80	Q 196,525,670.40
Mayo	5656560	5485200	5656560	Q 48,872,678.40	Q 57,923,712.00	Q 65,163,571.20	Q 171,959,961.60
Junio	5925920	5746400	5925920	Q 51,199,948.80	Q 60,681,984.00	Q 68,266,598.40	Q 180,148,531.20
Julio	5387200	5224000	5387200	Q 46,545,408.00	Q 55,165,440.00	Q 62,060,544.00	Q 163,771,392.00
Agosto	5387200	5224000	5387200	Q 46,545,408.00	Q 55,165,440.00	Q 62,060,544.00	Q 163,771,392.00
Septiembre	5925920	5746400	5925920	Q 51,199,948.80	Q 60,681,984.00	Q 68,266,598.40	Q 180,148,531.20
Octubre	6195280	6007600	6195280	Q 53,527,219.20	Q 63,440,256.00	Q 71,369,625.60	Q 188,337,100.80
Noviembre	5925920	5746400	5925920	Q 51,199,948.80	Q 60,681,984.00	Q 68,266,598.40	Q 180,148,531.20
Diciembre	6734000	6530000	6734000	Q 58,181,760.00	Q 68,956,800.00	Q 77,575,680.00	Q 204,714,240.00
<b>Total anual</b>	<b>69494880</b>	<b>67389600</b>	<b>69494880</b>	<b>Q600,435,763.20</b>	<b>Q711,634,176.00</b>	<b>Q800,581,017.60</b>	<b>Q2,112,650,956.80</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los ingresos, costos del producto y otros gastos, se procede a mostrar el siguiente cuadro, donde se divide cada uno de estos durante los doce meses del año. Cabe mencionar que se trabajan 18 horas por día, durante 26 días al mes (en febrero 24 días y la misma cantidad de horas por día).

Cuadro 31. Estimación de ingresos, costos y gastos actuales en Planta 1.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	2000	1800	2100	2400	2100	2200
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 170,595,200.00</b>	<b>Q 153,535,680.00</b>	<b>Q 179,124,960.00</b>	<b>Q 204,714,240.00</b>	<b>Q 179,124,960.00</b>	<b>Q 187,654,720.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 163,771,392.00	Q 147,394,252.80	Q 171,959,961.60	Q 196,525,670.40	Q 171,959,961.60	Q 180,148,531.20
	MW-h (mensual)	150	135	158	180	158	165
	Energía eléctrica	Q 270,000.00	Q 243,000.00	Q 284,400.00	Q 324,000.00	Q 284,400.00	Q 297,000.00
	10 agentes de seguridad	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00
	20 rackeros	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00
	3 supervisores de planta	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00
	6 facturadores	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00
	20 colaboradores de otras áreas	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00
	Total de salarios	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 167,452,392.00</b>	<b>Q 151,048,252.80</b>	<b>Q 175,655,361.60</b>	<b>Q 200,260,670.40</b>	<b>Q 175,655,361.60</b>	<b>Q 183,856,531.20</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 3,142,808.00</b>	<b>Q 2,487,427.20</b>	<b>Q 3,469,598.40</b>	<b>Q 4,453,569.60</b>	<b>Q 3,469,598.40</b>	<b>Q 3,798,188.80</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	2000	2000	2200	2300	2200	2500
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 170,595,200.00</b>	<b>Q 170,595,200.00</b>	<b>Q 187,654,720.00</b>	<b>Q 196,184,480.00</b>	<b>Q 187,654,720.00</b>	<b>Q 213,244,000.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 163,771,392.00	Q 163,771,392.00	Q 180,148,531.20	Q 188,337,100.80	Q 180,148,531.20	Q 204,714,240.00
	MW-h (mensual)	150	150	165	173	165	188
	Energía eléctrica	Q 270,000.00	Q 270,000.00	Q 297,000.00	Q 311,400.00	Q 297,000.00	Q 338,400.00
	10 agentes de seguridad	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00	Q 65,000.00
	20 rackeros	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00
	3 supervisores de planta	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00
	6 facturadores	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00
	20 colaboradores de otras áreas	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00
	Total de salarios	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00	Q 411,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00	Q 3,000,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 167,452,392.00</b>	<b>Q 167,452,392.00</b>	<b>Q 183,856,531.20</b>	<b>Q 192,059,500.80</b>	<b>Q 183,856,531.20</b>	<b>Q 208,463,640.00</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 3,142,808.00</b>	<b>Q 3,142,808.00</b>	<b>Q 3,798,188.80</b>	<b>Q 4,124,979.20</b>	<b>Q 3,798,188.80</b>	<b>Q 4,780,360.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a condensar la información anterior en un estado de resultados anual, ya que este informa sobre la rentabilidad de las operaciones (Guajardo, 2014).

Cuadro 32. Estado de resultados de la situación actual de la Planta 1.

Planta 1 Estado de resultados Del 1 de enero al 31 de diciembre	
<b>Ingresos</b>	
Ingresos por ventas	Q 2,200,678,080.00
<b>Total de ingresos</b>	<b>Q 2,200,678,080.00</b>
<b>Costos de ventas</b>	
Compra de producto	Q 2,112,650,956.80
<b>Total costo de ventas</b>	<b>Q 2,112,650,956.80</b>
<b>Utilidad bruta en ventas</b>	<b>Q 88,027,123.20</b>
<b>Gastos operacionales</b>	
Energía eléctrica	Q 3,486,600.00
Salarios	Q 4,932,000.00
Otros gastos	Q 36,000,000.00
<b>Total gastos operacionales</b>	<b>Q 44,418,600.00</b>
<b>Utilidad</b>	<b>Q 43,608,523.20</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ya que se ha mostrado un estado de resultados de la situación actual, se procedió a hacer lo mismo, pero con la cantidad de camiones arrojada por el simulador, incluso, esta cantidad fue reducida en un 30% para mostrar un escenario que añade complejidad.

Para estimar la cantidad de camiones que se cargarían con las mejoras instaladas, se consideran los resultados de la simulación, los cuales indican que la capacidad de atención incrementaría un 50% (54 camiones cargados en el horario de análisis). Dicho aumento en la capacidad, se redujo un 30% (5 camiones). Esto significa que la cantidad de camiones solamente crecerá un 35% (hasta 49 camiones), lo que significa que las ventas también crecen de esa forma, pero siempre manteniendo las mismas proporciones mostradas anteriormente.

Por motivos demostrativos de comparación, se mantiene la cantidad de empleados, exceptuando los agentes de seguridad, para los cuales se propone añadir uno en la revisión de salida. El consumo de energía eléctrica también se ve afectado, por lo que este incrementa en un 35% (al igual que la cantidad de camiones). Los gastos extras (los cuales incluyen imprevistos) también crecen, pero estos crecerán en un 40%, debido a que la cantidad de equipo aumenta, por ende, el mantenimiento tiene costos más altos.

Por lo anterior, se tiene la definición de ingresos por mes, en el escenario de las mejoras instaladas:

Cuadro 33. Descripción de ingresos con mejoras en Planta 1.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Venta diésel	Venta regular	Venta Súper	Total Venta
Enero	7272720	7052400	7272720	Q 65,454,480.00	Q 77,576,400.00	Q 87,272,640.00	Q 230,303,520.00
Febrero	6545448	6347160	6545448	Q 58,909,032.00	Q 69,818,760.00	Q 78,545,376.00	Q 207,273,168.00
Marzo	7636356	7405020	7636356	Q 68,727,204.00	Q 81,455,220.00	Q 91,636,272.00	Q 241,818,696.00
Abril	8727264	8462880	8727264	Q 78,545,376.00	Q 93,091,680.00	Q 104,727,168.00	Q 276,364,224.00
Mayo	7636356	7405020	7636356	Q 68,727,204.00	Q 81,455,220.00	Q 91,636,272.00	Q 241,818,696.00
Junio	7999992	7757640	7999992	Q 71,999,928.00	Q 85,334,040.00	Q 95,999,904.00	Q 253,333,872.00
Julio	7272720	7052400	7272720	Q 65,454,480.00	Q 77,576,400.00	Q 87,272,640.00	Q 230,303,520.00
Agosto	7272720	7052400	7272720	Q 65,454,480.00	Q 77,576,400.00	Q 87,272,640.00	Q 230,303,520.00
Septiembre	7999992	7757640	7999992	Q 71,999,928.00	Q 85,334,040.00	Q 95,999,904.00	Q 253,333,872.00
Octubre	8363628	8110260	8363628	Q 75,272,652.00	Q 89,212,860.00	Q 100,363,536.00	Q 264,849,048.00
Noviembre	7999992	7757640	7999992	Q 71,999,928.00	Q 85,334,040.00	Q 95,999,904.00	Q 253,333,872.00
Diciembre	9090900	8815500	9090900	Q 81,818,100.00	Q 96,970,500.00	Q 109,090,800.00	Q 287,879,400.00
<b>Total anual</b>	<b>93818088</b>	<b>90975960</b>	<b>93818088</b>	<b>Q844,362,792.00</b>	<b>Q1,000,735,560.00</b>	<b>Q1,125,817,056.00</b>	<b>Q2,970,915,408.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se tiene la definición de los costos de los productos por mes:

Cuadro 34. Descripción de costos de producto en Planta 1 con mejoras.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Compra diésel	Compra regular	Compra Súper	Total Compra
Enero	7272720	7052400	7272720	Q 62,836,300.80	Q 74,473,344.00	Q 83,781,734.40	Q 221,091,379.20
Febrero	6545448	6347160	6545448	Q 56,552,670.72	Q 67,026,009.60	Q 75,403,560.96	Q 198,982,241.28
Marzo	7636356	7405020	7636356	Q 65,978,115.84	Q 78,197,011.20	Q 87,970,821.12	Q 232,145,948.16
Abril	8727264	8462880	8727264	Q 75,403,560.96	Q 89,368,012.80	Q 100,538,081.28	Q 265,309,655.04
Mayo	7636356	7405020	7636356	Q 65,978,115.84	Q 78,197,011.20	Q 87,970,821.12	Q 232,145,948.16
Junio	7999992	7757640	7999992	Q 69,119,930.88	Q 81,920,678.40	Q 92,159,907.84	Q 243,200,517.12
Julio	7272720	7052400	7272720	Q 62,836,300.80	Q 74,473,344.00	Q 83,781,734.40	Q 221,091,379.20
Agosto	7272720	7052400	7272720	Q 62,836,300.80	Q 74,473,344.00	Q 83,781,734.40	Q 221,091,379.20
Septiembre	7999992	7757640	7999992	Q 69,119,930.88	Q 81,920,678.40	Q 92,159,907.84	Q 243,200,517.12
Octubre	8363628	8110260	8363628	Q 72,261,745.92	Q 85,644,345.60	Q 96,348,994.56	Q 254,255,086.08
Noviembre	7999992	7757640	7999992	Q 69,119,930.88	Q 81,920,678.40	Q 92,159,907.84	Q 243,200,517.12
Diciembre	9090900	8815500	9090900	Q 78,545,376.00	Q 93,091,680.00	Q 104,727,168.00	Q 276,364,224.00
<b>Total anual</b>	<b>93818088</b>	<b>90975960</b>	<b>93818088</b>	<b>Q810,588,280.32</b>	<b>Q 960,706,137.60</b>	<b>Q1,080,784,373.76</b>	<b>Q2,852,078,791.68</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los ingresos, costos del producto y otros gastos, se procede a mostrar el siguiente cuadro, donde se divide cada uno de estos durante los doce meses del año. Cabe mencionar que se trabajan 18 horas por día, durante 26 días al mes (en febrero 24 días y la misma cantidad de horas por día). Como observación, se incluyen los aumentos mencionados con anterioridad.

Cuadro 35. Estimación de ingresos, costos y gastos debido a las mejoras en Planta 1.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	2700	2430	2835	3240	2835	2970
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 230,303,520.00</b>	<b>Q 207,273,168.00</b>	<b>Q 241,818,696.00</b>	<b>Q 276,364,224.00</b>	<b>Q 241,818,696.00</b>	<b>Q 253,333,872.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 221,091,379.20	Q 198,982,241.28	Q 232,145,948.16	Q 265,309,655.04	Q 232,145,948.16	Q 243,200,517.12
	MW-h (mensual)	202.5	182.25	213.3	243	213.3	222.75
	Energía eléctrica	Q 364,500.00	Q 328,050.00	Q 383,940.00	Q 437,400.00	Q 383,940.00	Q 400,950.00
	11 agentes de seguridad	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00
	20 rackeros	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00
	3 supervisores de planta	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00
	6 facturadores	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00
	20 colaboradores de otras áreas	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00
	Total de salarios	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 226,073,379.20</b>	<b>Q 203,927,791.28</b>	<b>Q 237,147,388.16</b>	<b>Q 270,364,555.04</b>	<b>Q 237,147,388.16</b>	<b>Q 248,218,967.12</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 4,230,140.80</b>	<b>Q 3,345,376.72</b>	<b>Q 4,671,307.84</b>	<b>Q 5,999,668.96</b>	<b>Q 4,671,307.84</b>	<b>Q 5,114,904.88</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	2700	2700	2970	3105	2970	3375
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 230,303,520.00</b>	<b>Q 230,303,520.00</b>	<b>Q 253,333,872.00</b>	<b>Q 264,849,048.00</b>	<b>Q 253,333,872.00</b>	<b>Q 287,879,400.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 221,091,379.20	Q 221,091,379.20	Q 243,200,517.12	Q 254,255,086.08	Q 243,200,517.12	Q 276,364,224.00
	MW-h (mensual)	202.5	202.5	222.75	233.55	222.75	253.8
	Energía eléctrica	Q 364,500.00	Q 364,500.00	Q 400,950.00	Q 420,390.00	Q 400,950.00	Q 456,840.00
	10 agentes de seguridad	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00	Q 71,500.00
	20 rackeros	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00	Q 140,000.00
	3 supervisores de planta	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Q 60,000.00
	6 facturadores	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00	Q 36,000.00
	20 colaboradores de otras áreas	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00	Q 110,000.00
	Total de salarios	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00	Q 417,500.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00	Q 4,200,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 226,073,379.20</b>	<b>Q 226,073,379.20</b>	<b>Q 248,218,967.12</b>	<b>Q 259,292,976.08</b>	<b>Q 248,218,967.12</b>	<b>Q 281,438,564.00</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 4,230,140.80</b>	<b>Q 4,230,140.80</b>	<b>Q 5,114,904.88</b>	<b>Q 5,556,071.92</b>	<b>Q 5,114,904.88</b>	<b>Q 6,440,836.00</b>

Fuente: Elaboración propia.



Luego se procedió a condensar la información de las estimaciones (con las mejoras) en un estado de resultados anual, ya que este informa sobre la rentabilidad de las operaciones (Guajardo, 2014).

Cuadro 36. Estado de resultados de la Planta 1 con mejoras.

Planta 1 (con mejoras) Estado de resultados Del 1 de enero al 31 de diciembre	
<b>Ingresos</b>	
Ingresos por ventas	Q 2,970,915,408.00
<b>Total de ingresos</b>	<b>Q 2,970,915,408.00</b>
<b>Costos de ventas</b>	
Compra de producto	Q 2,852,078,791.68
<b>Total costo de ventas</b>	<b>Q 2,852,078,791.68</b>
<b>Utilidad bruta en ventas</b>	<b>Q 118,836,616.32</b>
<b>Gastos operacionales</b>	
Energía eléctrica	Q 4,706,910.00
Salarios	Q 5,010,000.00
Otros gastos	Q 50,400,000.00
<b>Total gastos operacionales</b>	<b>Q 60,116,910.00</b>
<b>Utilidad</b>	<b>Q 58,719,706.32</b>

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los dos estados de resultados, se observa que se genera un aumento en la utilidad de Q.15,111,183.12, lo que representa un aumento porcentual del 34.65% en el mismo periodo de tiempo.

Ya que se ha demostrado que es una propuesta que tiene la capacidad de aumentar considerablemente la utilidad de la Planta, es prudente evaluar el periodo de recuperación de la inversión. Para ello, se establecen los flujos de efectivo durante cada mes, considerando solo los ingresos y egresos extras generados por las mejoras, con ello, se obtendrá el flujo de efectivo neto.

Por lo anterior se tiene:

Cuadro 37. Flujos de efectivo detallados causados por las mejoras en Planta 1.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	700	630	735	840	735	770
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 59,708,320.00</b>	<b>Q 53,737,488.00</b>	<b>Q 62,693,736.00</b>	<b>Q 71,649,984.00</b>	<b>Q 62,693,736.00</b>	<b>Q 65,679,152.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 57,319,987.20	Q 51,587,988.48	Q 60,185,986.56	Q 68,783,984.64	Q 60,185,986.56	Q 63,051,985.92
	MW-h (mensual)	52.5	47.25	55.3	63	55.3	57.75
	Energía eléctrica	Q 94,500.00	Q 85,050.00	Q 99,540.00	Q 113,400.00	Q 99,540.00	Q 103,950.00
	1 agente de seguridad	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00
	Total de salarios	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 58,620,987.20</b>	<b>Q 52,879,538.48</b>	<b>Q 61,492,026.56</b>	<b>Q 70,103,884.64</b>	<b>Q 61,492,026.56</b>	<b>Q 64,362,435.92</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 1,087,332.80</b>	<b>Q 857,949.52</b>	<b>Q 1,201,709.44</b>	<b>Q 1,546,099.36</b>	<b>Q 1,201,709.44</b>	<b>Q 1,316,716.08</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	700	700	770	805	770	875
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 59,708,320.00</b>	<b>Q 59,708,320.00</b>	<b>Q 65,679,152.00</b>	<b>Q 68,664,568.00</b>	<b>Q 65,679,152.00</b>	<b>Q 74,635,400.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 57,319,987.20	Q 57,319,987.20	Q 63,051,985.92	Q 65,917,985.28	Q 63,051,985.92	Q 71,649,984.00
	MW-h (mensual)	52.5	52.5	57.75	60.55	57.75	65.8
	Energía eléctrica	Q 94,500.00	Q 94,500.00	Q 103,950.00	Q 108,990.00	Q 103,950.00	Q 118,440.00
	1 agentes de seguridad	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00
	Total de salarios	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00	Q 1,200,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 58,620,987.20</b>	<b>Q 58,620,987.20</b>	<b>Q 64,362,435.92</b>	<b>Q 67,233,475.28</b>	<b>Q 64,362,435.92</b>	<b>Q 72,974,924.00</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 1,087,332.80</b>	<b>Q 1,087,332.80</b>	<b>Q 1,316,716.08</b>	<b>Q 1,431,092.72</b>	<b>Q 1,316,716.08</b>	<b>Q 1,660,476.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por lo mostrado en lo anterior, obtienen los flujos netos de efectivo, con la consideración que en el periodo 0 (cero) se incluye la inversión inicial de Q.8,598,550.00;

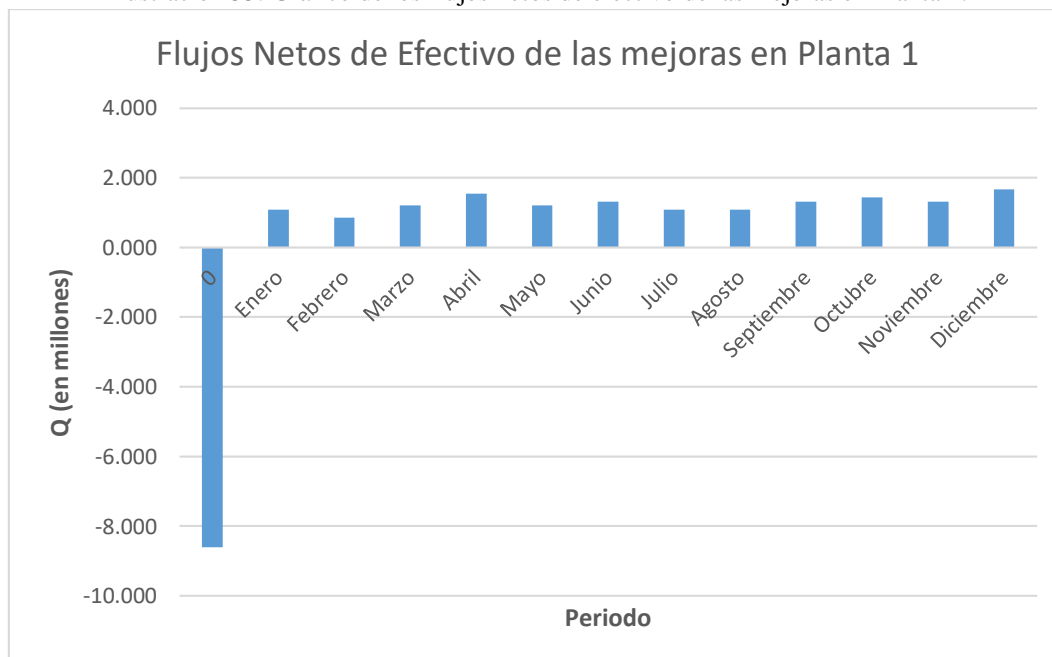
Cuadro 38. Flujos netos de efectivo de la Planta 1.

Mes (Periodo)	FNE (Q)
0 (cero)	-8,598,550.00
Enero	1,077,332.80
Febrero	857,949.52
Marzo	1,201,709.44
Abril	1,546,099.36
Mayo	1,201,709.44
Junio	1,316,716.08
Julio	1,087,332.80
Agosto	1,087,332.80
Septiembre	1,316,716.08
Octubre	1,431,092.72
Noviembre	1,316,716.08
Diciembre	1,660,476.00

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los FNE, se grafican para tener una mejor visión de estos:

Ilustración 55. Gráfico de los flujos netos de efectivo de las mejoras en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocidos los flujos de efectivo, se hace el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para ello, la empresa ha definido una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 15% anual.

Con la ayuda de Excel, se realizó el cálculo de la TIR sobre los flujos de efectivo incrementales, con la observación que se debe considerar la inversión inicial en el cálculo.

Excel calculó la TIR del proyecto en 111.99% anual. Por lo tanto, la TIR es más de siete veces mayor a la TMAR, por lo tanto, el proyecto puede ser aceptado para su ejecución.

Como método de confirmación, se procedió a utilizar el análisis del Valor Actual Neto (VAN). Donde también se utilizó la ayuda de Excel. En este punto se tiene un VAN de Q.6,512,020.54, lo que supera a la inversión inicial, por ende, el proyecto puede ser aceptado nuevamente para su ejecución.

Con los flujos netos de efectivo, se procede a calcular el periodo de recuperación de la inversión, para ello se hace uso del análisis del periodo de recuperación, el cual tiene la función de determinar la cantidad de tiempo que se requiere para recuperar el costo inicial del proyecto (Blank, 2012).

Para ello es necesario recurrir a la ecuación:

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} FNE_t$$

(Blank, 2012)

Donde:

$P =$  inversión inicial

$\sum_{t=1}^{t=n_p} FNE_t =$  suma de los FNE desde el periodo 1 hasta  $n_p$  (periodo donde recupera  $P$ )

Para tener una mejor visión de la recuperación, se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 39. Recuperación de inversión en Planta 1.

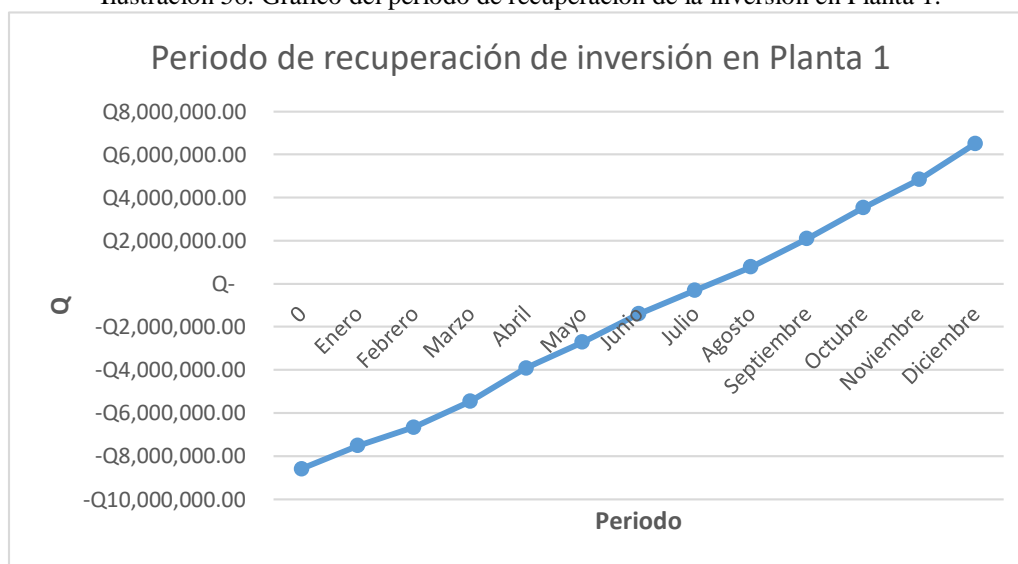
Periodo	FNE	-P+FNE
0	-Q 8,598,550.00	-Q 8,598,550.00
Enero	Q 1,077,332.80	-Q 7,521,217.20
Febrero	Q 857,949.52	-Q 6,663,267.68
Marzo	Q 1,201,709.44	-Q 5,461,558.24
Abril	Q 1,546,099.36	-Q 3,915,458.88
Mayo	Q 1,201,709.44	-Q 2,713,749.44
Junio	Q 1,316,716.08	-Q 1,397,033.36
Julio	Q 1,087,332.80	-Q 309,700.56
Agosto	Q 1,087,332.80	Q 777,632.24
Septiembre	Q 1,316,716.08	Q 2,094,348.32
Octubre	Q 1,431,092.72	Q 3,525,441.04
Noviembre	Q 1,316,716.08	Q 4,842,157.12
Diciembre	Q 1,660,476.00	Q 6,502,633.12

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, al cabo de ocho periodos (agosto) la inversión se ha recuperado en su totalidad, incluso se excede en Q.777,632.24. Para obtener el periodo exacto, se hace un cálculo de la misma forma, pero tomando en cuenta que cada mes la planta opera 26 días, por lo que el periodo de recuperación ocurre en 7 meses y 8 días (donde incluso se supera en Q.24,863.38).

Para observar de una mejor forma el periodo de recuperación, se muestra el siguiente gráfico:

Ilustración 56. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Graficamente, la recuperación del capital invertido ocurre en la la intersección con el eje X (periodo). Se observa que efectivamente la recuperación ocurre luego de siete meses (entre el séptimo y octavo día del octavo periodo).

Ya que se ha demostrado que la inversión es recuperable en menos de un año, se busca obtener un mejor análisis al considerar que se deben detener las operaciones de la planta para realizar los trabajos de implementación de las mejoras. Para esto, se supondrá que los trabajos de instalación se llevan a cabo en el mes de mayor venta (Diciembre), ya que de esta forma, se considera cualquier imprevisto si se realizan los trabajos en el mes de menor venta (Febrero). Por lo tanto, las utilidades que representa diciembre se añaden al monto de la inversión inicial, teniendo como flujos netos de efecto lo siguiente:

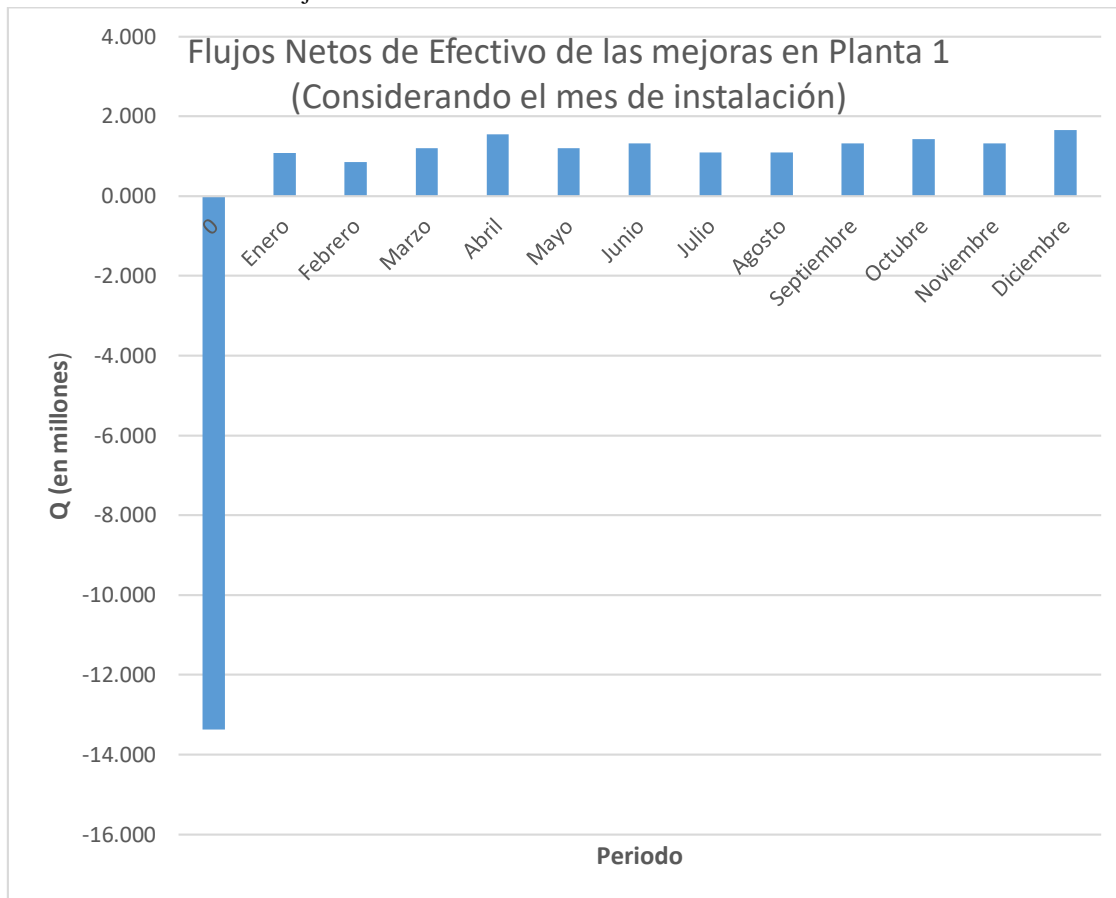
Cuadro 40. Flujos netos de efectivo considerando el mes de instalación en Planta 1.

Mes (Periodo)	FNE (Q)
0 (cero)	-13,378,910.00
Enero	1,077,332.80
Febrero	857,949.52
Marzo	1,201,709.44
Abril	1,546,099.36
Mayo	1,201,709.44
Junio	1,316,716.08
Julio	1,087,332.80
Agosto	1,087,332.80
Septiembre	1,316,716.08
Octubre	1,431,092.72
Noviembre	1,316,716.08
Diciembre	1,660,476.00

Fuente: Elaboración propia.

Estos FNE tienen la siguiente representación gráfica:

Ilustración 57. Flujos netos de efectivo considerando el mes de instalación en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Ya que se tiene un nuevo FNE en el periodo 0, es necesario calcular el periodo de recuperación considerando la mayor pérdida posible por detención de operaciones en la planta, por ello se tiene:

Cuadro 41. Recuperación de inversión en Planta 1 considerando el mes de instalación.

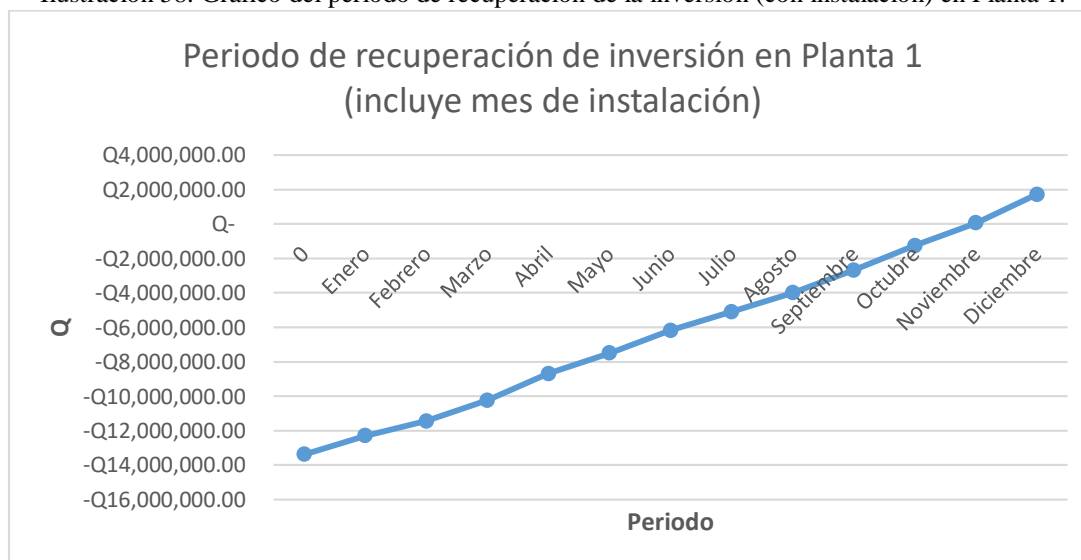
Periodo	FNE	-P+FNE
0	-Q 13,378,910.00	-Q 13,378,910.00
Enero	Q 1,077,332.80	-Q 12,301,577.20
Febrero	Q 857,949.52	-Q 11,443,627.68
Marzo	Q 1,201,709.44	-Q 10,241,918.24
Abril	Q 1,546,099.36	-Q 8,695,818.88
Mayo	Q 1,201,709.44	-Q 7,494,109.44
Junio	Q 1,316,716.08	-Q 6,177,393.36
Julio	Q 1,087,332.80	-Q 5,090,060.56
Agosto	Q 1,087,332.80	-Q 4,002,727.76
Septiembre	Q 1,316,716.08	-Q 2,686,011.68
Octubre	Q 1,431,092.72	-Q 1,254,918.96
Noviembre	Q 1,316,716.08	Q 61,797.12
Diciembre	Q 1,660,476.00	Q 1,722,273.12

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, la recuperación de la inversión, considerando la mayor pérdida posible por la detención de operaciones, ocurre entre el periodo 10 (Octubre) y el periodo 11 (Noviembre). Como se hizo anteriormente, se calcula con mayor exactitud el periodo de recuperación, y con ello se obtiene que este ocurre en 10 meses y 25 días (que incluso genera un excedente de Q.11,154.19).

De igual forma, se muestra gráficamente el periodo de recuperación incluyendo las pérdidas por no operar la planta:

Ilustración 58. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión (con instalación) en Planta 1.



Fuente: Elaboración propia.



Como lo muestra el análisis del periodo de recuperación, incluso si se decidiera instalar las mejoras propuestas en el mes de mayor venta, se logra recuperar la inversión, más las pérdidas por no operar la planta durante todo un mes completo, en menos de un año de operación con las mejoras, lo que indica que las propuestas son factibles y altamente rentables en el tiempo.

## 2. PLANTA 2

Como se mencionó anteriormente, el propósito de este apartado es estimar las utilidades evaluando el escenario actual, y el escenario que se generaría debido a las mejoras propuestas. Primero se mostrarán los estimados para la situación actual, y luego correspondientes a los relacionados a las propuestas de mejoras.

En ambos escenarios se define lo siguiente:

Cuadro 42. Descripción de cantidades y costos de operación mensuales Planta 2.

Cantidad	Descripción	Q/unidad	Total (Q)
6	Agente de seguridad	6,500.00	39,000.00
10	Rackero	7,000.00	70,000.00
2	Supervisores de planta	20,000.00	40,000.00
3	Facturadores	6,000.00	18,000.00
10	Colaboradores de otras áreas	5,500.00	55,000.00
1	MW-h (Energía Eléctrica)	1,800.00	1,800.00

Fuente: Elaboración propia.

También se muestran los siguientes supuestos referentes a al precio de venta y costo de cada combustible:

Cuadro 43. Descripción de costos y precios de venta en Planta 2.

Descripción	Q por unidad
Costo galón de diésel	8.64
Costo galón de gasolina regular	10.56
Costo galón de gasolina súper	11.52
Precio de venta de diésel	9.00
Precio de venta de gasolina regular	11.00
Precio de venta de gasolina súper	12.00

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar una mejor estimación, se tiene el porcentaje de demanda que representa cada mes en el año. Cabe mencionar que el total anual de camiones cargados en esta planta es de: 9,920.

Cuadro 44. Porcentaje de demanda mensual respecto al total anual Planta 2.

Mes	% de la demanda anual
Enero	8.065%
Febrero	7.560%
Marzo	8.569%
Abril	9.073%
Mayo	8.065%
Junio	8.569%
Julio	8.770%
Agosto	7.813%
Septiembre	7.560%
Octubre	8.065%
Noviembre	8.569%
Diciembre	9.325
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se vio en el análisis de la situación actual, es diferente la cantidad de camiones que carga cada combustible, por lo que se tiene el siguiente supuesto respecto al porcentaje de venta de combustible:

Cuadro 45. Distribución del porcentaje de venta total de combustibles en Planta 2.

Combustible	% de venta total
Diésel	39.60%
Gasolina regular	32.67%
Gasolina súper	27.73%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro anterior, la cantidad que representa cada combustible en las ventas varía, en especial en la cantidad de camiones que cargan gasolina súper (la de menos carga), pero el diésel se mantiene como el producto de mayor venta (39.60% de las ventas).

Adicionalmente, cabe mencionar que ingresan camiones de capacidades variables (4,000, 8,000 e incluso 10,000 galones) por lo que se tiene como supuesto que solamente se consideran camiones que cargan 8,000 galones.

Para efectos de análisis, se condensa la información mostrada en los cuadros anteriores y en el cuadro siguiente, se muestra un total de galones que son cargados de cada combustible:

Cuadro 46. Cantidad de venta total anual de combustibles en Planta 2.

Combustible	Cantidad de galones
Diésel	31,432,000
Gasolina regular	25,920,000
Gasolina súper	22,008,000
<b>Total</b>	<b>79,360,000</b>

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las condiciones definidas anteriormente, se tiene la definición de ingresos por mes:

Cuadro 47. Descripción de ingresos en Planta 2.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Venta diésel	Venta regular	Venta Súper	Total Venta
Enero	2534400	2090880	1774720	Q 22,809,600.00	Q 22,999,680.00	Q 21,296,640.00	Q 67,105,920.00
Febrero	2376000	1960200	1663800	Q 21,384,000.00	Q 21,562,200.00	Q 19,965,600.00	Q 62,911,800.00
Marzo	2692800	2221560	1885640	Q 24,235,200.00	Q 24,437,160.00	Q 22,627,680.00	Q 71,300,040.00
Abril	2851200	2352240	1996560	Q 25,660,800.00	Q 25,874,640.00	Q 23,958,720.00	Q 75,494,160.00
Mayo	2534400	2090880	1774720	Q 22,809,600.00	Q 22,999,680.00	Q 21,296,640.00	Q 67,105,920.00
Junio	2692800	2221560	1885640	Q 24,235,200.00	Q 24,437,160.00	Q 22,627,680.00	Q 71,300,040.00
Julio	2756160	2273832	1930008	Q 24,805,440.00	Q 25,012,152.00	Q 23,160,096.00	Q 72,977,688.00
Agosto	2455200	2025540	1719260	Q 22,096,800.00	Q 22,280,940.00	Q 20,631,120.00	Q 65,008,860.00
Septiembre	2376000	1960200	1663800	Q 21,384,000.00	Q 21,562,200.00	Q 19,965,600.00	Q 62,911,800.00
Octubre	2534400	2090880	1774720	Q 22,809,600.00	Q 22,999,680.00	Q 21,296,640.00	Q 67,105,920.00
Noviembre	2692800	2221560	1885640	Q 24,235,200.00	Q 24,437,160.00	Q 22,627,680.00	Q 71,300,040.00
Diciembre	2930400	2417580	2052020	Q 26,373,600.00	Q 26,593,380.00	Q 24,624,240.00	Q 77,591,220.00
<b>Total anual</b>	<b>31426560</b>	<b>25926912</b>	<b>22006528</b>	<b>Q282,839,040.00</b>	<b>Q285,196,032.00</b>	<b>Q264,078,336.00</b>	<b>Q 832,113,408.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se tiene la definición de los costos de los productos por mes:

Cuadro 48. Descripción actual de costos de producto en Planta 2.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Compra diésel	Compra regular	Compra Súper	Total Compra
Enero	2534400	2090880	1774720	Q 21,897,216.00	Q 22,079,692.80	Q 20,444,774.40	Q 64,421,683.20
Febrero	2376000	1960200	1663800	Q 20,528,640.00	Q 20,699,712.00	Q 19,166,976.00	Q 60,395,328.00
Marzo	2692800	2221560	1885640	Q 23,265,792.00	Q 23,459,673.60	Q 21,722,572.80	Q 68,448,038.40
Abril	2851200	2352240	1996560	Q 24,634,368.00	Q 24,839,654.40	Q 23,000,371.20	Q 72,474,393.60
Mayo	2534400	2090880	1774720	Q 21,897,216.00	Q 22,079,692.80	Q 20,444,774.40	Q 64,421,683.20
Junio	2692800	2221560	1885640	Q 23,265,792.00	Q 23,459,673.60	Q 21,722,572.80	Q 68,448,038.40
Julio	2756160	2273832	1930008	Q 23,813,222.40	Q 24,011,665.92	Q 22,233,692.16	Q 70,058,580.48
Agosto	2455200	2025540	1719260	Q 21,212,928.00	Q 21,389,702.40	Q 19,805,875.20	Q 62,408,505.60
Septiembre	2376000	1960200	1663800	Q 20,528,640.00	Q 20,699,712.00	Q 19,166,976.00	Q 60,395,328.00
Octubre	2534400	2090880	1774720	Q 21,897,216.00	Q 22,079,692.80	Q 20,444,774.40	Q 64,421,683.20
Noviembre	2692800	2221560	1885640	Q 23,265,792.00	Q 23,459,673.60	Q 21,722,572.80	Q 68,448,038.40
Diciembre	2930400	2417580	2052020	Q 25,318,656.00	Q 25,529,644.80	Q 23,639,270.40	Q 74,487,571.20
<b>Total anual</b>	<b>31426560</b>	<b>25926912</b>	<b>22006528</b>	<b>Q271,525,478.40</b>	<b>Q273,788,190.72</b>	<b>Q253,515,202.56</b>	<b>Q 798,828,871.68</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para tener una mejor visión de los ingresos, costos y gastos, se presenta el siguiente cuadro, donde se divide cada uno de estos durante los doce meses del año. Cabe mencionar que se trabajan 16 horas por día, durante 26 días al mes (en febrero 24 días y la misma cantidad de horas por día).

Cuadro 49. Estimación ingresos, costos y gastos actuales en Planta 2.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	800	750	850	900	800	850
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 67,105,920.00</b>	<b>Q 62,911,800.00</b>	<b>Q 71,300,040.00</b>	<b>Q 75,494,160.00</b>	<b>Q 67,105,920.00</b>	<b>Q 71,300,040.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 64,421,683.20	Q 60,395,328.00	Q 68,448,038.40	Q 72,474,393.60	Q 64,421,683.20	Q 68,448,038.40
	MW-h (mensual)	60	55	62	70	65	70
	Energía eléctrica	Q 108,000.00	Q 99,000.00	Q 111,600.00	Q 126,000.00	Q 117,000.00	Q 126,000.00
	6 agentes de seguridad	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00
	10 rackeros	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00
	2 supervisores de planta	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00
	3 facturadores	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00
	10 colaboradores de otras áreas	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00
	Total de salarios	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 66,451,683.20</b>	<b>Q 62,416,328.00</b>	<b>Q 70,481,638.40</b>	<b>Q 74,522,393.60</b>	<b>Q 66,460,683.20</b>	<b>Q 70,496,038.40</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 654,236.80</b>	<b>Q 495,472.00</b>	<b>Q 818,401.60</b>	<b>Q 971,766.40</b>	<b>Q 645,236.80</b>	<b>Q 804,001.60</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	870	775	750	800	850	925
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 72,977,688.00</b>	<b>Q 65,008,860.00</b>	<b>Q 62,911,800.00</b>	<b>Q 67,105,920.00</b>	<b>Q 71,300,040.00</b>	<b>Q 77,591,220.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 70,058,580.48	Q 62,408,505.60	Q 60,395,328.00	Q 64,421,683.20	Q 68,448,038.40	Q 74,487,571.20
	MW-h (mensual)	65	65	70	75	70	80
	Energía eléctrica	Q 117,000.00	Q 117,000.00	Q 126,000.00	Q 135,000.00	Q 126,000.00	Q 144,000.00
	10 agentes de seguridad	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00
	10 rackeros	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00
	3 supervisores de planta	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00
	3 facturadores	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00
	10 colaboradores de otras áreas	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00
	Total de salarios	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00	Q 1,700,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 72,097,580.48</b>	<b>Q 64,447,505.60</b>	<b>Q 62,443,328.00</b>	<b>Q 66,478,683.20</b>	<b>Q 70,496,038.40</b>	<b>Q 76,553,571.20</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 880,107.52</b>	<b>Q 561,354.40</b>	<b>Q 468,472.00</b>	<b>Q 627,236.80</b>	<b>Q 804,001.60</b>	<b>Q 1,037,648.80</b>

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a condensar la información anterior en un estado de resultados anual, ya que este informa sobre la rentabilidad de las operaciones (Guajardo, 2014).

Cuadro 50. Estado de resultados de la situación actual de la Planta 2.

Planta 2 Estado de resultados Del 1 de enero al 31 de diciembre	
<b>Ingresos</b>	
Ingresos por ventas	Q 832,113,408.00
<b>Total de ingresos</b>	<b>Q 832,113,408.00</b>
<b>Costos de ventas</b>	
Compra de producto	Q 798,828,871.68
<b>Total costo de ventas</b>	<b>Q 798,828,871.68</b>
<b>Utilidad bruta en ventas</b>	<b>Q 33,284,536.32</b>
<b>Gastos operacionales</b>	
Energía eléctrica	Q 1,452,600.00
Salarios	Q 2,664,000.00
Otros gastos	Q 20,400,000.00
<b>Total gastos operacionales</b>	<b>Q 24,516,600.00</b>
<b>Utilidad</b>	<b>Q 8,767,936.32</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ya que se ha mostrado un estado de resultados de la situación actual, se procedió a hacer lo mismo, pero con la cantidad de camiones arrojada por el simulador, incluso, esta cantidad fue reducida en un 30% para mostrar un escenario que añade complejidad.

Para estimar la cantidad de camiones que se cargarían con las mejoras instaladas, se consideran los resultados de la simulación, los cuales indican que la capacidad de atención incrementaría un 54.55% (34 camiones cargados en el horario de análisis). Dicho aumento en la capacidad, se redujo un 30% (4 camiones). Esto significa que la cantidad de camiones solamente crecerá un 35% (hasta 30 camiones), lo que significa que las ventas también crecen de esa forma, pero siempre manteniendo las mismas proporciones mostradas anteriormente.

Por motivos demostrativos de comparación, se mantiene la cantidad de empleados. El consumo de energía eléctrica también se ve afectado, por lo que este incrementa en un 38.19% (al igual que la cantidad de camiones). Los gastos extras (los cuales incluyen imprevistos) también crecen, pero estos crecerán en un 45%, debido a que la cantidad de equipo aumenta, por ende, el mantenimiento tiene costos más altos.

Por lo anterior, se tiene la definición de ingresos por mes, en el escenario de las mejoras instaladas:

Cuadro 51. Descripción de ingresos con mejoras en Planta 2.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Venta diésel	Venta regular	Venta Súper	Total Venta
Enero	3502288	2889388	2452486	Q 31,520,592.00	Q 31,783,268.00	Q 29,429,832.00	Q 92,733,692.00
Febrero	3283395	2708801	2299206	Q 29,550,555.00	Q 29,796,811.00	Q 27,590,472.00	Q 86,937,838.00
Marzo	3721181	3069974	2605766	Q 33,490,629.00	Q 33,769,714.00	Q 31,269,192.00	Q 98,529,535.00
Abril	3940074	3250561	2759047	Q 35,460,666.00	Q 35,756,171.00	Q 33,108,564.00	Q 104,325,401.00
Mayo	3502288	2889388	2452486	Q 31,520,592.00	Q 31,783,268.00	Q 29,429,832.00	Q 92,733,692.00
Junio	3721181	3069974	2605766	Q 33,490,629.00	Q 33,769,714.00	Q 31,269,192.00	Q 98,529,535.00
Julio	3808738	3142209	2667079	Q 34,278,642.00	Q 34,564,299.00	Q 32,004,948.00	Q 100,847,889.00
Agosto	3392841	2799094	2375846	Q 30,535,569.00	Q 30,790,034.00	Q 28,510,152.00	Q 89,835,755.00
Septiembre	3283395	2708801	2299206	Q 29,550,555.00	Q 29,796,811.00	Q 27,590,472.00	Q 86,937,838.00
Octubre	3502288	2889388	2452486	Q 31,520,592.00	Q 31,783,268.00	Q 29,429,832.00	Q 92,733,692.00
Noviembre	3721181	3069974	2605766	Q 33,490,629.00	Q 33,769,714.00	Q 31,269,192.00	Q 98,529,535.00
Diciembre	4049520	3340854	2835687	Q 36,445,680.00	Q 36,749,394.00	Q 34,028,244.00	Q 107,223,318.00
<b>Total anual</b>	<b>43428370</b>	<b>35828406</b>	<b>30410827</b>	<b>Q390,855,330.00</b>	<b>Q394,112,466.00</b>	<b>Q364,929,924.00</b>	<b>Q1,149,897,720.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se tiene la definición de los costos de los productos por mes:

Cuadro 52. Descripción de costos de producto en Planta 2 con mejoras.

Mes	Galones diésel	Galones Regular	Galones súper	Compra diésel	Compra regular	Compra Súper	Total Compra
Enero	3502288	2889388	2452486	Q 30,259,768.32	Q 30,511,937.28	Q 28,252,638.72	Q 89,024,344.32
Febrero	3283395	2708801	2299206	Q 28,368,532.80	Q 28,604,938.56	Q 26,486,853.12	Q 83,460,324.48
Marzo	3721181	3069974	2605766	Q 32,151,003.84	Q 32,418,925.44	Q 30,018,424.32	Q 94,588,353.60
Abril	3940074	3250561	2759047	Q 34,042,239.36	Q 34,325,924.16	Q 31,784,221.44	Q 100,152,384.96
Mayo	3502288	2889388	2452486	Q 30,259,768.32	Q 30,511,937.28	Q 28,252,638.72	Q 89,024,344.32
Junio	3721181	3069974	2605766	Q 32,151,003.84	Q 32,418,925.44	Q 30,018,424.32	Q 94,588,353.60
Julio	3808738	3142209	2667079	Q 32,907,496.32	Q 33,181,727.04	Q 30,724,750.08	Q 96,813,973.44
Agosto	3392841	2799094	2375846	Q 29,314,146.24	Q 29,558,432.64	Q 27,369,745.92	Q 86,242,324.80
Septiembre	3283395	2708801	2299206	Q 28,368,532.80	Q 28,604,938.56	Q 26,486,853.12	Q 83,460,324.48
Octubre	3502288	2889388	2452486	Q 30,259,768.32	Q 30,511,937.28	Q 28,252,638.72	Q 89,024,344.32
Noviembre	3721181	3069974	2605766	Q 32,151,003.84	Q 32,418,925.44	Q 30,018,424.32	Q 94,588,353.60
Diciembre	4049520	3340854	2835687	Q 34,987,852.80	Q 35,279,418.24	Q 32,667,114.24	Q 102,934,385.28
<b>Total anual</b>	<b>43428370</b>	<b>35828406</b>	<b>30410827</b>	<b>Q375,221,116.80</b>	<b>Q378,347,967.36</b>	<b>Q350,332,727.04</b>	<b>Q1,103,901,811.20</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los ingresos, costos del producto y otros gastos, se procede a mostrar el siguiente cuadro, donde se divide cada uno de estos durante los doce meses del año. Cabe mencionar que se trabajan 16 horas por día, durante 26 días al mes (en febrero 24 días y la misma cantidad de horas por día). Como observación, se incluyen los aumentos mencionados con anterioridad.

Cuadro 53. Estimación de ingresos, costos y gastos debido a las mejoras en Planta 2.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	1106	1037	1175	1244	1106	1175
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 92,733,692.00</b>	<b>Q 86,937,838.00</b>	<b>Q 98,529,535.00</b>	<b>Q 104,325,401.00</b>	<b>Q 92,733,692.00</b>	<b>Q 98,529,535.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 89,024,344.32	Q 83,460,324.48	Q 94,588,353.60	Q 100,152,384.96	Q 89,024,344.32	Q 94,588,353.60
	MW-h (mensual)	82.91	76.00	85.68	96.73	89.82	96.73
	Energía eléctrica	Q 149,245.20	Q 136,808.10	Q 154,220.04	Q 174,119.40	Q 161,682.30	Q 174,119.40
	6 agentes de seguridad	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00
	10 rackeros	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00
	2 supervisores de planta	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00
	3 facturadores	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00
	10 colaboradores de otras áreas	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00
	Total de salarios	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 91,860,589.52</b>	<b>Q 86,284,132.58</b>	<b>Q 97,429,573.64</b>	<b>Q 103,013,504.36</b>	<b>Q 91,873,026.62</b>	<b>Q 97,449,473.00</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 873,102.48</b>	<b>Q 653,705.42</b>	<b>Q 1,099,961.36</b>	<b>Q 1,311,896.64</b>	<b>Q 860,665.38</b>	<b>Q 1,080,062.00</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	1203	1071	1037	1106	1175	1279
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q100,847,889.00</b>	<b>Q 89,835,755.00</b>	<b>Q 86,937,838.00</b>	<b>Q 92,733,692.00</b>	<b>Q 98,529,535.00</b>	<b>Q107,223,318.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 96,813,973.44	Q 86,242,324.80	Q 83,460,324.48	Q 89,024,344.32	Q 94,588,353.60	Q 102,934,385.28
	MW-h (mensual)	89.82	89.82	96.73	103.64	96.73	110.55
	Energía eléctrica	Q 161,682.30	Q 161,682.30	Q 174,119.40	Q 186,556.50	Q 174,119.40	Q 198,993.60
	10 agentes de seguridad	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00	Q 39,000.00
	10 rackeros	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00	Q 70,000.00
	3 supervisores de planta	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 40,000.00
	3 facturadores	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00
	10 colaboradores de otras áreas	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00	Q 55,000.00
	Total de salarios	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00	Q 222,000.00
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00	Q 2,465,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 99,662,655.74</b>	<b>Q 89,091,007.10</b>	<b>Q 86,321,443.88</b>	<b>Q 91,897,900.82</b>	<b>Q 97,449,473.00</b>	<b>Q105,820,378.88</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 1,185,233.26</b>	<b>Q 744,747.90</b>	<b>Q 616,394.12</b>	<b>Q 835,791.18</b>	<b>Q 1,080,062.00</b>	<b>Q 1,402,939.12</b>

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a condensar la información de las estimaciones (con las mejoras) en un estado de resultados anual, ya que este informa sobre la rentabilidad de las operaciones (Guajardo, 2014).

Cuadro 54. Estado de resultados de la Planta 2 con mejoras.

Planta 2 (con mejoras) Estado de Resultados Del 1 de Enero al 31 de Diciembre	
<b>Ingresos</b>	
Ingresos por ventas	Q 1,149,897,720.00
<b>Total de ingresos</b>	<b>Q 1,149,897,720.00</b>
<b>Costos de Ventas</b>	
Compra de producto	Q 1,103,901,811.20
<b>Total Costo de Ventas</b>	<b>Q 1,103,901,811.20</b>
<b>Utilidad en Ventas</b>	<b>Q 45,995,908.80</b>
<b>Gastos Operacionales</b>	
Energía eléctrica	Q 2,007,347.94
Salarios	Q 2,664,000.00
Otros gastos	Q 29,580,000.00
<b>Total Gastos Operacionales</b>	<b>Q 34,251,347.94</b>
<b>Utilidad</b>	<b>Q 11,744,560.86</b>

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los dos estados de resultados, se observa que se genera un aumento en la utilidad de Q.2,976,624.54, lo que representa un aumento porcentual del 33.95% en el mismo periodo de tiempo.

Ya que se ha demostrado que es una propuesta que tiene la capacidad de aumentar considerablemente la utilidad de la Planta, es prudente evaluar el periodo de recuperación de la inversión. Para ello, se establecen los flujos de efectivo durante cada mes, considerando solo los ingresos y egresos extras generados por las mejoras, con ello, se obtendrá el flujo de efectivo neto.

Por lo anterior se tiene:



Cuadro 55. Flujos de efectivo detallados causados por las mejoras en Planta 2.

Rubro	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ingresos	Camiones cargados	306	287	325	344	306	325
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 25,627,772.00</b>	<b>Q 24,026,038.00</b>	<b>Q 27,229,495.00</b>	<b>Q 28,831,241.00</b>	<b>Q 25,627,772.00</b>	<b>Q 27,229,495.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 24,602,661.12	Q 23,064,996.48	Q 26,140,315.20	Q 27,677,991.36	Q 24,602,661.12	Q 26,140,315.20
	MW-h (mensual)	22.91	21.00	23.68	26.73	24.82	26.73
	Energía eléctrica	Q 41,245.20	Q 37,808.10	Q 42,620.04	Q 48,119.40	Q 44,682.30	Q 48,119.40
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 25,408,906.32</b>	<b>Q 23,867,804.58</b>	<b>Q 26,947,935.24</b>	<b>Q 28,491,110.76</b>	<b>Q 25,412,343.42</b>	<b>Q 26,953,434.60</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 218,865.68</b>	<b>Q 158,233.42</b>	<b>Q 281,559.76</b>	<b>Q 340,130.24</b>	<b>Q 215,428.58</b>	<b>Q 276,060.40</b>

Rubro	Descripción	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos	Camiones cargados	333	296	287	306	325	354
	<b>Total venta (Total de ingresos)</b>	<b>Q 27,870,201.00</b>	<b>Q 24,826,895.00</b>	<b>Q 24,026,038.00</b>	<b>Q 25,627,772.00</b>	<b>Q 27,229,495.00</b>	<b>Q 29,632,098.00</b>
Costos y gastos	Total costo del producto	Q 26,755,392.96	Q 23,833,819.20	Q 23,064,996.48	Q 24,602,661.12	Q 26,140,315.20	Q 28,446,814.08
	MW-h (mensual)	24.82	24.82	26.73	28.64	26.73	30.55
	Energía eléctrica	Q 44,682.30	Q 44,682.30	Q 48,119.40	Q 51,556.50	Q 48,119.40	Q 54,993.60
	Gastos extras (incluye imprevistos)	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00	Q 765,000.00
	<b>Total de costos y gastos</b>	<b>Q 27,565,075.26</b>	<b>Q 24,643,501.50</b>	<b>Q 23,878,115.88</b>	<b>Q 25,419,217.62</b>	<b>Q 26,953,434.60</b>	<b>Q 29,266,807.68</b>
Utilidad	<b>Utilidad (Ingresos-costos y gastos)</b>	<b>Q 305,125.74</b>	<b>Q 183,393.50</b>	<b>Q 147,922.12</b>	<b>Q 208,554.38</b>	<b>Q 276,060.40</b>	<b>Q 365,290.32</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por lo mostrado en lo anterior, obtienen los flujos netos de efectivo, con la consideración que en el periodo 0 (cero) se incluye la inversión inicial de Q.6,193,250.00;

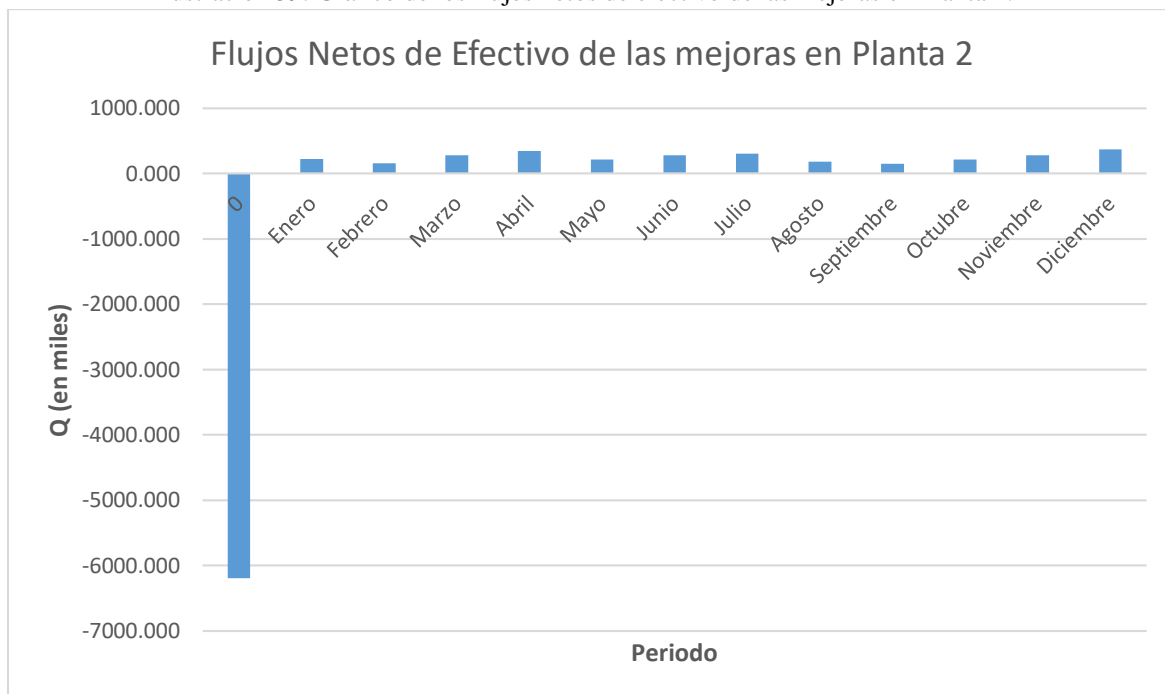
Cuadro 56. Flujos netos de efectivo de la Planta 2.

Mes (Periodo)	FNE (Q)
0 (cero)	-6,193,250.00
Enero	218,865.68
Febrero	158,233.42
Marzo	281,559.76
Abril	340,130.24
Mayo	215,428.58
Junio	276,060.40
Julio	305,125.74
Agosto	183,393.50
Septiembre	147,922.12
Octubre	208,554.38
Noviembre	276,060.40
Diciembre	365,290.32

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los FNE, se grafican para tener una mejor visión de estos:

Ilustración 59. Gráfico de los flujos netos de efectivo de las mejoras en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Con los flujos netos de efectivo, se procede a calcular el periodo de recuperación de la inversión, para ello se hace uso del análisis del periodo de recuperación, el cual tiene la función de determinar la cantidad de tiempo que se requiere para recuperar el costo inicial del proyecto (Blank, 2012).

Para ello es necesario recurrir a la ecuación:

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} FNE_t$$

(Blank, 2012)

Donde:

$P =$  inversión inicial

$\sum_{t=1}^{t=n_p} FNE_t =$  suma de los FNE desde el periodo 1 hasta  $n_p$  (periodo donde recupera  $P$ )

Para tener una mejor visión de la recuperación, se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 57. Recuperación de inversión en Planta 2.

Periodo	FNE	-P+FNE
0	-Q 6,193,250.00	-Q 6,193,250.00
Enero	Q 218,865.68	-Q 5,974,384.32
Febrero	Q 158,233.42	-Q 5,816,150.90
Marzo	Q 281,559.76	-Q 5,534,591.14
Abril	Q 340,130.24	-Q 5,194,460.90
Mayo	Q 215,428.58	-Q 4,979,032.32
Junio	Q 276,060.40	-Q 4,702,971.92
Julio	Q 305,125.74	-Q 4,397,846.18
Agosto	Q 183,393.50	-Q 4,214,452.68
Septiembre	Q 147,922.12	-Q 4,066,530.56
Octubre	Q 208,554.38	-Q 3,857,976.18
Noviembre	Q 276,060.40	-Q 3,581,915.78
Diciembre	Q 365,290.32	-Q 3,216,625.46

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, la inversión no se recupera en el primer año de operación de las mejoras, por lo que se procede a realizar una proyección de crecimiento para los próximos 5 años y de esta forma poder saber el periodo de recuperación. Cabe mencionar que se harán las proyecciones en base al crecimiento del parque vehicular, el cual crece de forma exponencial, y considerando únicamente las utilidades extras que genera la implementación de las mejoras.

Por lo anterior, se tienen las siguientes proyecciones para la Planta 2 durante los próximos cinco años:

Cuadro 58. Proyección de crecimiento de utilidades de Planta 2.

Año	Utilidad
0	-Q 6,193,250.00
1	Q 2,976,624.54
2	Q 3,209,142.04
3	Q 3,465,189.51
4	Q 3,744,956.86
5	Q 4,049,525.04
6	Q 4,379,534.78

Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocidos los flujos de efectivo, se hace el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para ello, la empresa ha definido una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 15% anual.

Con la ayuda de Excel, se realizó el cálculo de la TIR sobre los flujos de efectivo incrementales, con la observación que se debe considerar la inversión inicial en el cálculo.

Excel calculó la TIR del proyecto en 49.08% anual. Por lo tanto, la TIR es más de tres veces mayor a la TMAR, por lo tanto, el proyecto puede ser aceptado para su ejecución.

Como método de confirmación, se procedió a utilizar el análisis del Valor Actual Neto (VAN). Donde también se utilizó la herramienta de Excel. En este punto se tiene un VAN de Q.13,341,274.56, lo que supera a la inversión inicial, por ende, se confirma que el proyecto puede ser aceptado para su ejecución.

Como se muestra en el cuadro anterior, se incluye en el año 0 la inversión inicial, con esto se procede a calcular el periodo de recuperación en años:

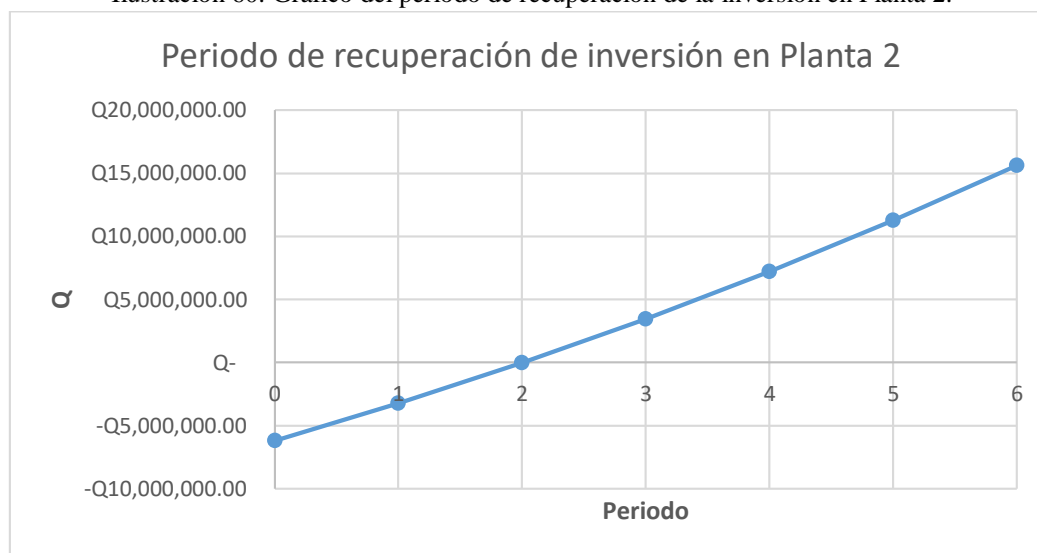
Cuadro 59. Periodo de recuperación anual de Planta 2.

Periodo	FNE	-P+FNE
0	-Q 6,193,250.00	-Q 6,193,250.00
1	Q 2,976,624.54	-Q 3,216,625.46
2	Q 3,209,142.04	-Q 7,483.42
3	Q 3,465,189.51	Q 3,457,706.09
4	Q 3,744,956.86	Q 7,202,662.95
5	Q 4,049,525.04	Q 11,252,187.99
6	Q 4,379,534.78	Q 15,631,722.76

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior muestra que, entre el segundo y tercer año de operación de la planta con las mejoras instaladas, ocurre la recuperación de la inversión. Para saber más a detalle, se recuerda que la planta opera 12 meses por año, 26 días por mes, por ello se tiene que la inversión se recupera en: 2 años y un día de operación con las mejoras (incluso excede en Q.3,694.61).

Ilustración 60. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico anterior, el periodo de recuperación ocurre casi sobre el segundo periodo, ya que, un día después de este, se logra la recuperación de la inversión.

Pero al igual que en Planta 1, se debe considerar que se deben detener las operaciones mientras se realizan las instalaciones de las mejoras, por ello se considera que el mes de mayor venta (diciembre) es el mes de instalación, esto con el fin de considerar la mayor cantidad de pérdida posible, por lo que el FNE en el periodo 0 está compuesto de la inversión inicial más las utilidades que se generan en el mes de diciembre. Por lo anterior, se tiene:

Cuadro 60. Recuperación de inversión en Planta 2 considerando el mes de instalación.

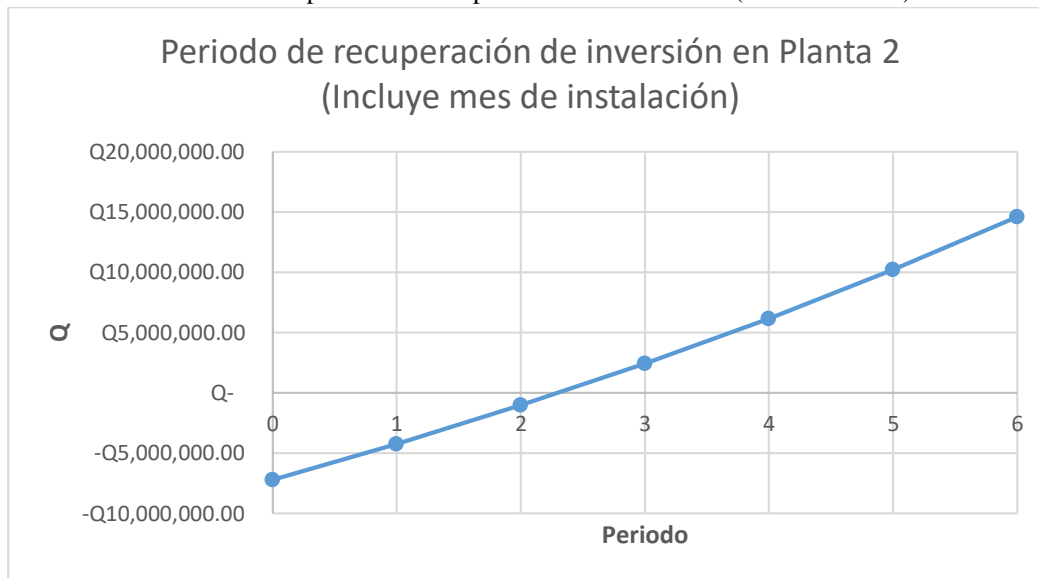
Periodo	FNE	-P+FNE
0	-Q 7,230,898.80	-Q 7,230,898.80
1	Q 2,976,624.54	-Q 4,254,274.26
2	Q 3,209,142.04	-Q 1,045,132.22
3	Q 3,465,189.51	Q 2,420,057.29
4	Q 3,744,956.86	Q 6,165,014.15
5	Q 4,049,525.04	Q 10,214,539.19
6	Q 4,379,534.78	Q 14,594,073.96

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, al considerar la inversión, más las pérdidas por no operar en el mes de mayor venta, el periodo de recuperación continúa siendo entre el periodo 2 y 3, por lo que, al hacer un análisis más detallado, se descubre que la recuperación ocurre a los dos años y noventa y cuatro días de operación con las mejoras.

De igual forma, se muestra gráficamente el periodo de recuperación incluyendo las pérdidas por no operar la planta:

Ilustración 61. Gráfico del periodo de recuperación de la inversión (con instalación) en Planta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como lo muestra el análisis del periodo de recuperación, incluso si se decidiera instalar las mejoras propuestas en el mes de mayor venta, se logra recuperar la inversión, más las pérdidas por no operar la planta durante todo un mes completo, en dos años y noventa y cuatro días de operación con las mejoras, lo que indica que las propuestas son factibles y altamente rentables en el tiempo.

## VIII. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como finalidad proponer mejoras que se enfocaran en reducir el tiempo de carga de combustible en los camiones dentro las dos plantas de almacenamiento y distribución de Puma Energy (ubicadas en Puerto San José, Escuintla) y a su vez, contribuir a mejorar la distribución de las líneas de espera dentro de las mismas.

Se logró demostrar que el sistema está saturado en los horarios de análisis y que en cada planta se pueden hacer mejoras que reduzcan los tiempos de carga, pero en cada una, el plazo sugerido de implementación es distinto.

En ambas plantas se propone modificar los canales de servicio, mediante la incorporación de más brazos de carga por rack, ya que actualmente, estos deben ser compartidos entre las posiciones hermanas, lo que genera tiempos muertos debido a que la carga de un camión es dependiente de la utilización de la posición que comparte el rack. Mediante simulaciones en el software Arena, se determinó que es posible reducir el tiempo de carga entre 23.89%-30.23% para la Planta 1 y entre 34.66%-40.11% para la Planta 2. Adicionalmente, esto significa que se puede atender un 50% más de camiones en el mismo tiempo en la Planta 1 y un 54.55% más en la Planta 2.

Se definió la situación actual del sistema de carga en las dos plantas mediante un diagrama de flujo desde la perspectiva de los pilotos de los camiones, ya que ellos son los encargados de todas las gestiones dentro de las plantas. Esto contribuyó a tener una visión completa de las tareas que debe desempeñar cada piloto y poder definir en qué tiempos se debía enfocar el estudio para poder realizar una propuesta que contribuya a reducir los tiempos de carga y de estadía en planta.

Se identificó que las operaciones de carga de combustible son el cuello de botella en ambas plantas, mediante el porcentaje de utilización del tiempo de carga respecto al tiempo de estadía en planta. Este porcentaje tiene el distintivo que, mientras más bajo sea, significa que las operaciones de carga están generando cola, por ello, utilizan una fracción pequeña de la estadía en planta para realizar la carga de combustibles. Bajo esta lógica, el porcentaje promedio de utilización en la Planta 1 es de 48.88%, comparado con un 33.35% en la Planta 2. Esto indica que la Planta 2 tiene procesos que generan mayor cola, y es debido a que tiene un rack (dos posiciones) menos que la Planta 1.

Se determinó la inversión para las propuestas de mejora de cada planta, incluyen los brazos, bombas, filtros, strainers y demás equipo, así como también los trabajos de instalación, los cuales requieren de un contratista especializado y con experiencia en la industria. Para esto, se realizó una propuesta de CAPEX para cada planta, teniendo como total de inversión Q.8,598,550.00 para la Planta 1 y Q.6,193,250.00 para la Planta 2.

Se buscó dar un mayor respaldo a las propuestas de mejora mediante la estimación del incremento en las utilidades tras la implementación de las mejoras. Para esto se estimaron las utilidades con las configuraciones actuales y con las sugeridas, lo que da como resultado un incremento en las utilidades de 34.65% (lo que representa Q.15,111,183.12 en el primer año) para la Planta 1 y 33.95% (lo que representa Q.2,976,624.54 en el primer año) para la Planta 2. Esto significa que es una propuesta que no solo mejora los tiempos de carga, sino que también trae un beneficio extra a la empresa, ya que se tiene la capacidad de atender más camiones en el mismo tiempo, e incluso podría reducirse las horas de operación, lo que llevaría a una considerable reducción de costos.

Existen diferentes opciones que pueden contribuir a reducir los tiempos de carga, pero estas presentan situaciones que se salen de control de la empresa, como lo es la carga inferior. Para implementar un sistema de carga inferior, la empresa debe reemplazar completamente los racks, lo que es una inversión muy fuerte, pero lo que la descarta completamente es que, la mayor parte de los camiones que transportan combustible no están adaptados para recibir la carga de esta forma.

Se propuso la creación de un dispositivo innovador para los brazos de carga y camiones, que reduce la cantidad de producto que se desperdicia al momento de cargar (por ser un proceso abierto) y a la vez contribuye con la reducción del impacto ambiental, ya que disminuye la cantidad de vapores que son liberados al ambiente, lo que también conlleva al cuidado de la salud de los rackeros y los pilotos de las unidades de transporte.

Adicionalmente, se realizó un análisis del periodo de recuperación de las inversiones en cada planta, e incluso se consideró el escenario donde se deben detener totalmente las operaciones de cada Planta. Por ello también se calculó el periodo de recuperación de esta forma (donde se incluye la inversión y las pérdidas por la instalación en el mes de mayor venta), y se determinó que el periodo de recuperación para la inversión de la Planta 1 es de 10 meses 25 días y 2 años 94 días para la Planta 2. Lo anterior, también demuestra que la industria petrolera es realmente un negocio de volumen y no de un gran margen unitario, por ende, ventas pequeñas no lograrían cubrir los costos.

Como método de confirmación, se realizaron los análisis de la TIR y VAN para el proyecto propuesto en cada planta. En el caso de Planta 1, se tiene una TIR de 111.99% anual y un VAN de Q.6,512,020.54. Para Planta 2 se tiene una TIR de 49.08% anual y un VAN de Q.13,341,274.56. En ambos casos, se demuestra que los proyectos son viables y pueden ser aprobados para su ejecución.



## IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio adicional en la Planta 1, que tenga como objetivo el análisis de los tiempos de carga y estadía en planta, pero de los camiones que cargan FuelOil, Jet A-1 y privado, los cuales se abastecen en las posiciones A, B, C y D. Esto debido a que también genera colas dentro de la planta (especialmente en la salida que se encuentra saturada en momentos de alta demanda) y que, al cargar combustibles diferentes al resto, las soluciones pueden no ser las mismas, ya que estos combustibles requieren ser despachados a ciertas temperaturas, por lo que el proceso adiciona la utilización de una caldera y otros equipos especializados.

También se recomienda estudiar la posibilidad de reducir el parqueo de las oficinas de la Planta 1, esto con el fin de incrementar el espacio para los camiones que esperan revisión de salida (reducir los tiempos de carga puede significar un aumento de cola en la salida) o bien, implementar un segundo canal de salida (una segunda garita de salida).

Adicionalmente, se recomienda en la Planta 1, estudiar la movilidad en el rack que contiene las posiciones H-I, ya que implementar las mejoras propuestas significaría tener siete brazos en el rack. Esto puede complicar la movilidad del rackero (los pilotos no tendrían por qué cambiar de lado en el rack), ya que este debe moverse en los dos lados del rack.

También se recomienda estudiar la distribución de las cavidades de los camiones y la distribución de los brazos de carga en los racks, ya que si estas no son estandarizadas (para buscar que estén frente a frente, por ejemplo: brazo de diésel con cavidad de diésel) pueden generar tiempos muertos innecesarios, lo que tiene un impacto directo en la utilidad que genera la planta.

Ya que la propuesta del dispositivo innovador tiene como fundamento la reducción del impacto ambiental y mejorar las condiciones para los rackeros y los pilotos de las unidades; se recomienda hacer los estudios y sus respectivos análisis físicos, químicos y mecánicos del mismo. Lo anterior se recomienda, ya que en el presente trabajo solamente se planteó la idea, pero no se desarrolló para poder asegurar su seguridad al momento de utilizarlo. Se hace énfasis en esto, ya que esta es una industria donde la seguridad del personal y de los activos es muy importante, ya que los riesgos son constantes (en algunos casos permanentes) y los daños que pueden causar son de muy grandes proporciones.

Por último, se recomienda a la empresa realizar estudios de mercado constantes, con una periodicidad mínima de cuatro años. Esto con el fin de conocer las tendencias de compra de vehículos híbridos, eléctricos y de otras tecnologías que pueden afectar directamente el consumo de hidrocarburos en el país, por ende, disminuir las utilidades que se generan. Adicionalmente, es importante mencionar que algunos países fabricantes de automóviles han legislado para que, al llegar cierto año, un porcentaje muy considerable de la fabricación de autos no utilicen hidrocarburos como fuente de energía.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. (2012). Estadística para negocios y economía. 11ª edición. México. Cenage learning.
- ASTM International. (2018). Petroleum standards. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/petroleum-standards.html>
- Blank, L. (2012). Ingeniería económica. 7ª edición. México. McGraw Hill Educación.
- Chang, R. (2007). Química general. 9ª edición. México. McGraw Hill Education.
- Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto 109-97, Ley de Comercialización de Hidrocarburos. Recuperado de: [http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1.\\_Ley\\_de\\_Comercializacion\\_de\\_Hidrocarburos\\_D\\_N\\_109\\_97\\_y\\_su\\_Reglament\\_o\\_A\\_G\\_522\\_99.pdf](http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1._Ley_de_Comercializacion_de_Hidrocarburos_D_N_109_97_y_su_Reglament_o_A_G_522_99.pdf)
- Dirección General de Hidrocarburos. (2015). Capacidad máxima de almacenamiento de hidrocarburos por producto, por compañía en la República de Guatemala. Recuperado de: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2016/05/C-06.1-Capacidad-almacenamiento.pdf>
- Dirección General de Hidrocarburos. (2017). Nómina de productos petroleros. Recuperado de: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/08/2017-ACUERDO-MINISTERIAL-211-2017-NOMINA-PRODUCTOS.pdf>
- Dirección General de Hidrocarburos. (2018). Estadísticas de hidrocarburos Guatemala. Informe anual 2017. Recuperado de: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/2017-Revista-Hidrocarburos-04T.pdf>
- Guajardo, G. (2014). Contabilidad financiera. 6ª edición. México. McGraw Hill Education.
- Instituto Nacional de Estadística. (2013). Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio. Período 2008-2020. Recuperado de: [http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/reportes/poblacion-total-por-municipio\(1\).pdf](http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/reportes/poblacion-total-por-municipio(1).pdf)
- Jonathan Glynn-Smith. (2012). Puma Energy terminals in Guatemala. Recuperado de: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Puma\\_Energy\\_Guatemala\\_Terminals.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Puma_Energy_Guatemala_Terminals.jpg)
- Presidencia de la República. (1999). Acuerdo gubernativo 522-99, Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos. Recuperado de: [http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1.\\_Ley\\_de\\_Comercializacion\\_de\\_Hidrocarburos\\_D\\_N\\_109\\_97\\_y\\_su\\_Reglament\\_o\\_A\\_G\\_522\\_99.pdf](http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1._Ley_de_Comercializacion_de_Hidrocarburos_D_N_109_97_y_su_Reglament_o_A_G_522_99.pdf)
- Puma Energy Guatemala. (2017). Datos estadísticos clave del mercado. Recuperado de: <https://www.pumaenergy.com/es/d%C3%B3nde-operamos/am%C3%A9ricas/guatemala/>
- Puma Energy. (2017). Historia de la marca. Recuperado de: <https://www.pumaenergy.com/es/acerca-de-nosotros/brand-history/>
- SERTECES. (2018). Equipos de loading racks y camiones. Recuperado de: <http://serteces.com/racks-y-camiones-2/>
- Walpole, R. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 9ª edición. México. Pearson Education.

Weather Spark. (2018). El clima promedio en Puerto San José. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/11616/Clima-promedio-en-Puerto-San-Jos%C3%A9-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## XI. ANEXOS

Anexo I. Resumen de métodos ASTM utilizados en la Nómina de Productos Petroleros.

Método	Descripción
D-3237	Prueba estándar para el plomo en la gasolina por espectroscopia de absorción atómica
D-130	Prueba estándar para la corrosión al cobre de productos derivados del petróleo mediante prueba de tira de cobre
D-525	Prueba estándar para la estabilidad a la oxidación de la gasolina (método del período de inducción)
D-2622	Prueba estándar para azufre en productos derivados del petróleo por espectrometría de fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda
D-4952	Prueba estándar para el análisis cualitativo de especies activas de azufre en combustibles y solventes (prueba de doctores)
D-3227	Prueba estándar para (Thiol Mercaptan) azufre en gasolina, queroseno, turbina de aviación y combustibles destilados (método potenciométrico)
D-323	Prueba estándar para la presión de vapor de productos derivados del petróleo (Método Reid)
D-287	Prueba estándar para la gravedad de API de petróleo crudo y productos del petróleo (método del hidrómetro)
D-1298	Prueba estándar para la densidad, la densidad relativa o la gravedad API del petróleo crudo y los productos derivados del petróleo mediante el método del hidrómetro
D-381	Prueba estándar para el contenido de goma en combustibles mediante evaporación por chorro
D-86	Prueba estándar para destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica
D-2699	Prueba estándar para Octano de investigación Número de combustible para motores de encendido por chispa
D-2700	Prueba estándar para el Octano del motor Número de combustible del motor de encendido por chispa
D-1319	Prueba estándar para tipos de hidrocarburos en productos líquidos de petróleo mediante adsorción de indicadores fluorescentes
D-3606	Prueba estándar para la determinación de benceno y tolueno en combustibles de encendido por chispa mediante cromatografía de gases
D-4815	Prueba estándar para la determinación de MTBE, ETBE, TAME, DIPE, alcohol amílico terciario y alcoholes C1 a C4 en la gasolina mediante cromatografía de gases
D-4176	Prueba estándar para agua libre y contaminación por partículas en combustibles destilados (procedimientos de inspección visual)
D-1500	Prueba estándar para ASTM Color of Petroleum Products (escala de colores ASTM)
D-976	Prueba estándar para el índice de cetano calculado de combustibles destilados
D-613	Prueba estándar para Cetano cantidad de aceite combustible diesel
D-482	Prueba estándar para cenizas de productos derivados del petróleo
D-129	Prueba estándar para azufre en productos derivados del petróleo (método general de dispositivo de descomposición de alta presión)
D-189	Prueba estándar para el residuo de carbono Conradson de productos derivados del petróleo
D-524	Prueba estándar para el residuo de carbono Ramsbottom de productos derivados del petróleo
D-2709	Prueba estándar para agua y sedimentos en combustibles de destilado por medio de centrifuga

Método	Descripción
D-93	Prueba estándar para Flash Point mediante el probador de vasos cerrados de Pensky-Martens
D-97	Prueba estándar para el punto de vertido de productos derivados del petróleo
D-2500	Prueba estándar para puntos de nube de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos
D-445	Prueba estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica)

Fuente: Elaboración propia.

Anexo II. Cuadro completo de observaciones realizadas en Planta 1.

Información General		Tiempo en Planta			Carga de Combustible			Posición	Combustibles Cargados		
Hora de Arranque	Matrícula	Llegada a Planta (HH:MM)	Salida de Planta (HH:MM)	Tiempo en Puma (HH:MM)	Hora de Inicio (H:MM:SS)	Hora de Finalización (H:MM:SS)	Tiempo de Carga (H:MM:SS)	Rack	Diésel	Regular	Súper
12:00 AM	C1	0:00	1:12	1:12	0:20:34	1:06:54	0:46:20	F	X		X
	C2	0:01	0:47	0:46	0:20:49	0:41:20	0:20:31	I	X	X	X
	C3	0:02	1:09	1:07	0:21:02	1:02:40	0:41:38	E	X	X	X
	C4	0:04	1:02	0:58	0:21:26	0:43:09	0:21:43	K		X	X
	C5	0:07	1:04	0:57	0:26:35	0:55:22	0:28:47	J	X	X	X
	C6	0:11	1:28	1:17	0:27:22	1:16:39	0:49:17	H	X	X	X
	C7	0:19	1:41	1:22	0:42:15	1:22:52	0:40:37	I	X	X	X
	C8	0:11	1:26	1:15	0:45:22	1:14:31	0:29:09	K	X		
	C9	0:14	1:30	1:16	0:56:12	1:21:07	0:24:55	J	X	X	X
	C10	0:24	1:41	1:17	1:04:15	1:19:52	0:15:37	E		X	X
	C11	0:53	1:41	0:48	1:08:25	1:27:54	0:19:29	F	X	X	X
	C12	0:19	1:46	1:27	1:15:23	1:39:07	0:23:44	K	X	X	X
	C13	0:57	1:48	0:51	1:17:53	1:32:48	0:14:55	H	X	X	X
	C14	0:25	2:01	1:36	1:21:14	1:46:18	0:25:04	E	X	X	X
	C15	1:26	2:10	0:44	1:40:39	2:04:27	0:23:48	J	X	X	X
	C16	1:26	2:24	0:58	1:41:58	2:18:17	0:36:19	F	X	X	X
	C17	1:47	2:46	0:59	2:07:46	2:29:41	0:21:55	E	X	X	X
	C18	1:58	2:45	0:47	2:15:14	2:38:56	0:23:42	J	X	X	X
	C19	2:27	3:45	1:18	2:39:35	3:26:03	0:46:28	E	X	X	X
	C20	2:39	3:41	1:02	2:47:56	3:27:34	0:39:38	J	X	X	X
	C21	2:39	3:26	0:47	2:49:05	3:22:26	0:33:21	K	X	X	X
	C22	2:43	3:15	0:32	2:52:34	3:11:48	0:19:14	F	X		
	C23	2:43	3:48	1:05	3:06:00	3:35:20	0:29:20	H	X	X	X
	C24	2:43	4:04	1:21	3:12:22	3:33:15	0:20:53	F	X	X	X
12:00 AM	C25	0:00	0:59	0:44	0:17:16	0:54:02	0:36:46	I	X	X	X
	C26	0:01	1:06	1:02	0:17:52	1:00:50	0:42:58	H	X	X	X
	C27	0:03	1:02	0:52	0:18:32	0:55:58	0:37:26	E	X	X	X
	C28	0:04	1:19	1:14	0:19:18	1:00:56	0:41:38	F	X	X	X
	C29	0:06	1:03	1:18	0:20:31	0:54:50	0:34:19	K	X		
	C30	0:07	1:12	1:22	0:21:05	1:01:17	0:40:12	J		X	X
	C31	0:10	1:39	1:14	0:42:51	1:21:38	0:38:47	H	X	X	X
	C32	0:11	1:46	1:15	0:45:54	1:35:16	0:49:22	I	X	X	X
	C33	0:14	1:29	1:22	0:52:47	1:21:06	0:28:19	F	X	X	X
	C34	0:18	1:51	1:12	1:04:02	1:30:17	0:26:15	K	X	X	X
	C35	0:21	1:58	1:16	1:07:43	1:45:12	0:37:29	E	X	X	X
	C36	0:23	1:51	1:24	1:19:38	1:44:32	0:24:54	I	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Cuadro completo de observaciones realizadas en Planta 2.

Información General		Tiempo en Planta			Carga de Combustible			Posición			
Hora de Arranque	Matrícula	Llegada a Planta (HH:MM)	Salida de Planta (HH:MM)	Tiempo en Puma (HH:MM)	Hora de Inicio (H:MM:SS)	Hora de Finalización (H:MM:SS)	Tiempo de Carga (H:MM:SS)	Rack	Diésel	Regular	Súper
4:00 AM	C1	19:37	5:09	9:32	4:16:57	5:04:41	0:47:44	3	X	X	
	C2	19:58	4:56	8:58	4:19:25	4:52:34	0:33:09	1	X	X	X
	C3	21:01	4:49	7:50	4:20:51	4:46:35	0:25:44	2	X	X	
	C4	23:14	5:10	5:56	4:23:14	5:05:57	0:42:43	4	X		X
	C5	2:29	5:33	3:04	4:48:22	5:29:40	0:41:18	2	X	X	X
	C6	2:44	5:22	2:38	4:53:55	5:20:15	0:26:20	1	X		X
	C7	2:47	5:51	3:04	5:05:38	5:47:04	0:41:26	3	X	X	
	C8	3:31	6:00	2:29	5:06:16	5:55:27	0:49:11	4	X	X	X
	C9	3:42	6:10	2:28	5:21:32	5:58:43	0:37:11	1	X	X	X
	C10	4:02	6:25	2:23	5:31:09	6:15:34	0:44:25	2	X	X	X
	C11	5:31	6:27	0:56	5:47:58	6:20:29	0:32:31	3	X	X	X
	C12	6:10	7:04	6:58:04	6:22:45	6:58:04	0:35:19	3	X		
	C13	6:14	6:45	0:31	6:24:50	6:39:58	0:15:08	1		X	X
	C14	6:41	7:15	0:34	6:54:17	7:11:15	0:16:58	4	X	X	X
	C15	5:54	6:58	1:04	6:28:37	6:54:29	0:25:52	2	X	X	
	C16	6:30	7:10	0:40	6:48:22	7:07:12	0:18:50	1	X		
	C17	6:52	7:22	0:30	7:00:06	7:19:49	0:19:43	3	X		
	C18	7:01	7:45	0:44	7:12:47	7:41:07	0:28:20	4	X	X	X
	C19	7:10	7:38	0:28	7:14:28	7:34:58	0:20:30	2	X	X	X
	C20	7:35	8:10	0:35	7:48:43	8:06:46	0:18:03	4	X	X	
	C21	7:46	8:39	0:53	7:56:13	8:34:39	0:38:26	3	X	X	X
	C22	7:55	8:25	0:30	8:02:19	8:22:14	0:19:55	1	X		
2:00 AM	C23	20:50	3:04	6:14	2:22:26	3:00:44	0:38:18	4	X	X	
	C24	21:34	4:04	6:30	3:13:22	4:00:00	0:46:38	2	X	X	X
	C25	21:35	5:00	7:25	4:01:43	4:55:38	0:53:55	3	X	X	X
	C26	21:39	3:16	5:37	2:16:57	3:12:05	0:55:08	1	X	X	X
	C27	21:50	3:51	6:01	3:01:20	3:46:12	0:44:52	4	X	X	X
	C28	22:55	4:02	5:07	3:10:17	3:59:02	0:48:45	2	X	X	X
	C29	1:17	4:04	2:47	3:38:52	4:00:34	0:21:42	3	X		
	C30	1:41	4:33	2:52	3:33:05	4:29:02	0:55:57	4	X	X	X
	C31	2:06	5:15	3:09	4:19:38	5:11:53	0:52:15	2	X	X	X
	C32	2:16	5:24	3:08	4:37:35	5:20:11	0:42:36	1	X	X	X
	C33	3:01	5:02	2:01	4:23:44	4:57:50	0:34:06	3	X		
	C34	3:05	5:40	2:35	4:51:53	5:35:58	0:44:05	4	X	X	X
	C35	3:06	5:45	2:39	5:01:18	5:41:24	0:40:06	1	X	X	X
	C36	3:18	6:15	2:57	5:25:05	6:11:44	0:46:39	2	X	X	X
	C37	3:57	7:00	3:03	6:07:49	6:56:00	0:48:11	3	X	X	X
	C38	4:03	6:10	2:07	4:53:35	6:05:38	1:12:03	4	X	X	X
	C39	5:05	7:45	2:40	7:19:11	7:41:22	0:22:11	2	X	X	X
	C40	5:44	7:00	1:16	6:34:47	6:57:02	0:22:15	1	X	X	
	C41	6:35	7:27	0:52	6:44:50	7:22:18	0:37:28	4	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo IV. Fotografía de una de las visitas a planta.



Fuente: Fotografía propia.

Anexo V. Fotografía en una visita a Planta 2.



Fuente: Fotografía propia.



## Anexo VI. Cotización de equipo (Parte 1).

**SERVICIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS**

3ª calle 6-123 zona 1 de Mixco, Lomas de Portugal - Guatemala C. A.  
 Telefax: (502) 2258 8190 - Tel. (502) 5705 2469 - (502) 4073 4144  
 E-mail: serteces@gmail.com o ventas@serteces.com  
 www.serteces.com

**COTIZACIÓN**

No: 4870

Señores: Mario Garavito

Página 1

Atención: Mario Garavito

Guatemala, 26/09/2018

Gracias por considerar nuestros productos. A continuación les presentamos la cotización solicitada:

Cant.	Descripción	Precio	Monto
13	Brazo de Carga Completo de 4", que cuenta con, su valvula, Uniones Giratorias, Resorte cilíndrico, Vaccum Breaker,	Q130,000.00	Q1,690,000.00
13	Válvula de Bola de 4" Fabricada en Acero con Bridas Clase 150	Q5,800.00	Q75,400.00
6	Sistema de despacho Accuload para manejar 4 Brazos de carga, Housing a Prueba de Explosión	Q350,000.00	Q2,100,000.00
13	Medidor Volumetrico de 4" marca Smith, modelo Prime 4, con capacidad de GPM minimo y 750 GPM maximo. Ideal para loading rack y custody transfer, temperaturas de -20 a 150 grados Fahrenheit, repetibilidad menor o igual al 0.01% fabricado en acero,	Q135,000.00	Q1,755,000.00
13	Valvula Presefadora de 4" Smith, Acero al Carbón, 2 etapas, Voltaje solenoides 110V	Q95,000.00	Q1,235,000.00
13	Filtro Tipo Canasta especial para combustibles y bombas de 6" FTC6"AC	Q17,850.00	Q232,050.00
13	Valvula tipo check de 6" de diámetro, Acero al Carbon, 150 psi, conexiones Brída. Resorte Interno, Cierre Silencioso,	Q25,500.00	Q331,500.00
13	Válvula de Tipo Compuerta Fabricada en Acero Inoxidable, Clase 150, 6", Brídada	Q3,500.00	Q45,500.00
6	Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra, Para Camiones Cisterna, con Indicación LED y contactos libres de Voltaje. Que Incluye: Monitor con Indicador de luz LED verde y rojo a Prueba de Explosión. 2 Relays libres de voltaje. Caja Conectora con colocador de Pinza de Tierra. 32 Pies de Cable tipo Espiral, Tenaza de Acero Inoxidable con sistema de conexión rápida. Incluye Sistema de detección si la tenaza a sido colocada en un Tanque y no otro dispositivo.	Q39,500.00	Q237,000.00
13	Bomba de 4" de entrada y 3" de Salida, con Capacidad de 500 GPM, Cuerpo de Hierro Ductil, Sellos de Vitón, Todo Montado en su Base de Acero que esta acoplada a su Motor a prueba de explosión, Marca Baldor de	Q155,000.00	Q2,015,000.00

Todos los precios son aproximados y se confirmarán al momento de realizar una visita tecnica formal. \* Tiempo de entrega: 12 semanas \*



**Ing. Mauricio Meza**  
 Ventas  
 Cel. (502)5705 2469  
 m.meza@serteces.com



Fuente: SERTECES.

Anexo VI. Cotización de equipo (Parte 2).

**SERVICIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS**

3ª calle 6-123 zona 1 de Mixco, Lomas de Portugal - Guatemala C. A.  
 Telefax: (502) 2258 8190 - Tel. (502) 5705 2469 - (502) 4073 4144  
 E-mail: serteces@gmail.com o ventas@serteces.com  
 www.serteces.com

**COTIZACIÓN**

No: 4870

Señores: Mario Garavito

Página 2

Atención: Mario Garavito

Guatemala, 26/09/2018

Gracias por considerar nuestros productos. A continuación les presentamos la cotización solicitada:

Cant.	Descripción	Precio	Monto
1,750.00	Revoluciones Por minuto, 15 HP, 220/440 Trifásico, 60 Hertz,		

Todos los precios son aproximados y se confirmarán al momento de realizar una visita técnica formal. \* Tiempo de entrega: 12 semanas \*

Subtotal Q9,716,450.00

Total Q9,716,450.00



**Ing. Mauricio Meza**  
 Ventas  
 Cel. (502)5705 2469  
 m.meza@serteces.com



Fuente: SERTECES.