

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

Metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima, con base en la reducción de costos, por tipo de producto en tres plantas productoras de prefabricados de concreto.

Andrea Paiz Morales

Guatemala  
2012



Metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima, con base en la reducción de costos, por tipo de producto en tres plantas productoras de prefabricados de concreto.

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

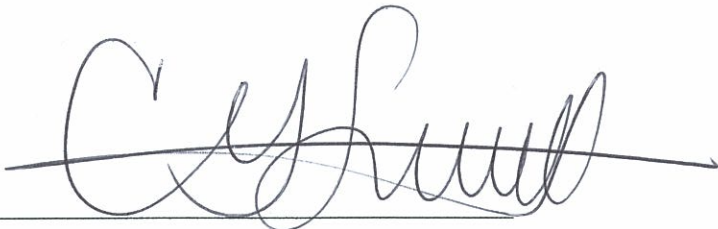
Departamento de Ingeniería Industrial

Metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima, con base en la reducción de costos, por tipo de producto en tres plantas productoras de prefabricados de concreto.

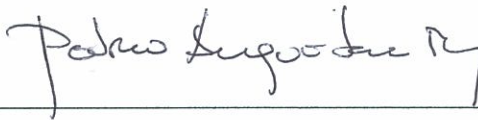
Trabajo de investigación presentado por Andrea Paiz Morales para optar al grado académico de Ingeniero Industrial

Guatemala  
2012

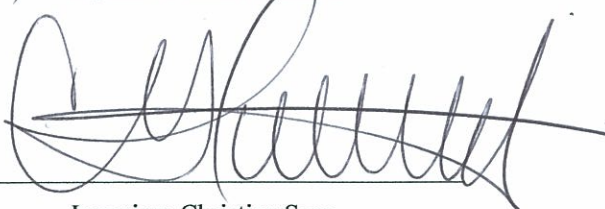
Vo. Bo. :

(f)   
Ingeniero Christian Sosa

Tribunal Examinador:

(f)   
Ingeniero Pedro Arguedas

(f)   
Ingeniero Carlos Paredes

(f)   
Ingeniero Christian Sosa

Fecha de aprobación del examen de graduación: Guatemala, 12 de enero de 2012

## **PREFACIO**

La empresa analizada en este trabajo de graduación es una empresa guatemalteca dedicada a la manufactura de prefabricados de concreto y cuenta con tres plantas de producción ubicadas en Quetzaltenango, Suchitepéquez y San Miguel Petapa. Actualmente, la empresa distribuye sus productos basándose solamente en la ubicación geográfica de cada planta con respecto a sus clientes. Debido a que cada planta cuenta con costos, eficiencias y capacidades distintas, existe la posibilidad de realizar un estudio de optimización para cada una, con base en la reducción de costos. Este análisis se realiza a lo largo de las páginas de este trabajo. Los resultados demuestran la eficiencia de la metodología propuesta, la cual (en caso de ser implementada) permitirá a la empresa reducir el costo total de la entrega del producto al cliente.

## CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE IMÁGENES.....	ix
LISTA DE GRAFICOS.....	x
RESUMEN.....	xi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA.....	2
III. OBJETIVOS.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN.....	4
V. MARCO TEÓRICO.....	6
VI. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.....	13
A. Análisis de la situación actual.....	13
1. Plantas de producción.....	13
2. Productos.....	13
3. Canal de distribución.....	16
4. Clasificación de costos.....	16
5. Sistema de distribución actual.....	19
B. Efectividad general de los equipos (OEE).....	21
C. Programación lineal.....	36
1. Modelo de transporte.....	36
D. Análisis de costos.....	58
1. Análisis de sensibilidad.....	58
E. Análisis de decisiones.....	62
1. Árbol de decisiones.....	62
2. Ingeniería de valor.....	65
F. Modelo.....	67
G. Simulaciones.....	70

VII. CONCLUSIONES.....	77
VIII. RECOMENDACIONES.....	79
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	81
X. GLOSARIO.....	83
XI. APÉNDICES.....	86

### LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Parámetros del OEE.....	9
2. Regiones de las plantas de producción.....	19
3. Datos históricos Ruta 1.....	20
4. Datos históricos Ruta 2.....	20
5. Datos históricos Ruta 3.....	20
6. Datos históricos Ruta 4.....	21
7. Clasificación de las pérdidas de tiempo durante el proceso de producción I.....	22
8. Clasificación de las pérdidas de tiempo durante el proceso de producción II.....	23
9. OEE de la planta de Quetzaltenango.....	24
10. OEE de la planta de Suchitepéquez.....	29
11. OEE de la planta de San Miguel Petapa.....	32
12. Costos de producción de la planta Quetzaltenango.....	48
13. Costos de producción de la planta de Suchitepéquez.....	49
14. Costos de producción de la planta de San Miguel Petapa.....	49
15. Capacidades de carga de la planta de Quetzaltenango.....	49
16. Capacidades de carga de la planta de Suchitepéquez.....	49
17. Capacidades de carga de la planta de San Miguel Petapa.....	50
18. Demanda para la planta de Quetzaltenango.....	50
19. Demanda para la planta de Suchitepéquez.....	50
20. Demanda para la planta de San Miguel Petapa.....	50
21. Capacidades de la planta de Quetzaltenango.....	51
22. Capacidades de la planta de Suchitepéquez.....	51
23. Capacidades de la planta de San Miguel Petapa línea de producción 1.....	52

24. Capacidades de la planta de San Miguel Petapa línea de producción 2.....	52
25. Resumen de los 36 escenarios del modelo de transporte.....	53
26. Tabla de transporte del escenario 1.....	54
27. Destinos de la ruta 1.....	59
28. Escenario 1 del análisis de sensibilidad.....	60
29. Escenario 1 del análisis de sensibilidad (2).....	60
30. Ahorro en el escenario 1.....	61
31. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de Quetzaltenango.....	63
32. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de Suchitepéquez.....	63
33. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de San Miguel Petapa.....	63
34. Ponderación de criterios de decisión.....	66
35. Evaluación de las alternativas.....	66
36. Ponderación de alternativas.....	67
37. Radio de alcance óptimo para la ruta 1.....	68
38. Radio de alcance óptimo para la ruta 2.....	68
39. Radio de alcance óptimo para la ruta 3.....	69
40. Radio de alcance óptimo para la ruta 4.....	70
41. Datos históricos de las ventas de la planta de Quetzaltenango I.....	71
42. Datos históricos de las ventas de la planta de Suchitepéquez I.....	71
43. Datos históricos de las ventas de la planta de San Miguel Petapa I.....	71
44. Datos históricos de las ventas de la planta de Quetzaltenango II.....	72
45. Datos históricos de las ventas de la planta de Suchitepéquez II.....	72
46. Datos históricos de las ventas de la planta de San Miguel Petapa II.....	72
47. Regiones de la planta de Quetzaltenango.....	72
48. Regiones de la planta de Suchitepéquez.....	73
49. Regiones de la planta de San Miguel Petapa.....	73
50. Datos históricos para la ruta 1: Quetzaltenango – Suchitepéquez vía El Zarco.....	73
51. Modelo óptimo para la ruta 1.....	74

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen	Página
1. Bovedilla.....	14
2. Bock para muro perimetral.....	15
3. Adoquín tradicional.....	16
4. Radios de alcance de las tres plantas de producción.....	37
5. Radio de alcance de la planta de Quetzaltenango.....	38
6. Radio de alcance de la planta de Suchitepéquez.....	39
7. Radio de alcance de la planta de San Miguel Petapa.....	39
8. Símbolos del mapa de la red vial de Guatemala.....	40
9. Carretera CA-02.....	41
10. Carretera CA-04.....	41
11. Punto de intersección El Zarco.....	42
12. Imagen satelital de la ruta El Zarco.....	43
13. Mapa de la red vial de la ruta El Zarco.....	43
14. Punto de intersección Las Victorias.....	44
15. Imagen satelital de la ruta Las Victorias.....	45
16. Mapa de la red vial de la ruta Las Victorias.....	45
17. Imagen satelital de la ruta Río Bravo.....	46
18. Mapa de la red vial de la ruta Río Bravo.....	46
19. Imagen satelital de la ruta Interamericana.....	47
20. Mapa de la red vial de la ruta Interamericana.....	48
21. Pantalla del menú principal del programa TORA.....	54
22. Pantalla de modo de ingreso del programa TORA.....	55
23. Tabla de transporte del escenario 1 en TORA.....	55
24. Tabla de transporte del escenario 1 en TORA (2).....	56
25. Pantalla Solve / Modify del programa TORA.....	56
26. Solución del escenario 1 en TORA.....	57
27. Imagen de la solución del escenario 1.....	57
28. Árbol de decisión 1.....	64

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1. Parámetros de la planta de Quetzaltenango.....	25
2. OEE de la planta de Quetzaltenango.....	27
3. Clasificación de las pérdidas de la planta de Quetzaltenango.....	28
4. Parámetros de la planta de Suchitepéquez.....	30
5. OEE de la planta de Suchitepéquez.....	31
6. Clasificación de las pérdidas de la planta de Suchitepéquez.....	31
7. Parámetros de la planta de San Miguel Petapa.....	33
8. OEE de la planta de San Miguel Petapa.....	33
9. Clasificación de las pérdidas de la planta de San Miguel Petapa.....	34

## RESUMEN

Este trabajo de graduación tiene como finalidad realizar un análisis de la metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima, con base en la reducción de costos, por tipo de producto en tres plantas productoras de prefabricados de concreto. El estudio se limita al territorio Guatemalteco, y los datos en los que se basa el análisis corresponden a los primeros siete meses del año 2011. Dicho trabajo, se divide en siete fases:

La primera fase presenta el análisis de la situación actual, en donde se determinan las condiciones y características actuales de cada una de las tres plantas de producción. Estas incluyen una descripción de los tipos de producto, del canal de distribución empleado por la empresa, de la clasificación de sus costos, así como del sistema de distribución actual.

La segunda fase está conformada por el análisis de la eficiencia de los equipos, es decir el OEE. En éste se determinó el OEE global de cada una de las plantas de producción el cual mide de forma general la productividad real comparada con la ideal, durante el período de tiempo analizado.

En la tercera fase se presenta el análisis de la distribución. En éste se expone el procedimiento realizado para determinar el plan de distribución óptimo con base en la minimización de los costos totales de entregar el producto al cliente.

La cuarta fase consiste en el análisis de sensibilidad para determinar los escenarios en los que las rutas con el costo mínimo, determinadas en el modelo de transporte, seguirán siendo las soluciones óptimas.

La quinta fase está formada por los análisis de la toma de decisiones. El primer análisis consiste en elaborar árboles de decisiones para los diferentes escenarios de las rutas de distribución. El segundo consiste en la evaluación de cada posible decisión (implementar o no el nuevo plan de distribución óptimo), mediante la ingeniería de valor.

La sexta fase muestra el proceso de elaboración del modelo final. Este modelo representa la propuesta de los nuevos radios de alcance óptimos para cada una de las tres plantas de producción de prefabricados de concreto.

Finalmente, la séptima fase consiste en la prueba del modelo, mediante la elaboración de simulaciones basadas en datos históricos. Dichas simulaciones comparan el costo que representa para la empresa continuar con el plan de distribución actual con el costo que representaría implementar el plan de distribución óptimo determinado en la fase anterior.

Con base en los resultados de las fases anteriores se determinó que la metodología propuesta en el presente trabajo de graduación es eficiente ya que presenta el plan de distribución óptimo el cual permite a la empresa reducir sus costos totales de entregar el producto al cliente.

Este trabajo de graduación finaliza con la presentación de las conclusiones y recomendaciones. Según los resultados obtenidos, la empresa tomará la decisión de implementar o no el nuevo plan de distribución óptimo.

# I. INTRODUCCIÓN

La empresa para la que se desarrolla este trabajo de graduación se dedica a la elaboración industrial de blocks y similares. Desde 1970, ha ofrecido sus servicios a los guatemaltecos y actualmente cuenta con tres plantas de producción ubicadas en San Miguel Petapa, Quetzaltenango y Suchitepéquez, las cuales fabrican productos para la construcción ya sea de viviendas, edificios, edificios industriales, infraestructura vial, así como productos a la medida para proyectos especiales.

El objetivo de este trabajo de graduación es establecer la metodología para determinar el radio de alcance óptimo, con base en costo, por tipo de producto (bovedilla, block para muro perimetral, adoquín tradicional) para las tres plantas productoras de block y similares, de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de:

- La ventaja competitiva por planta (resultante de la ubicación geográfica de la planta con respecto al proveedor de materia prima).
- Las capacidades de producción de cada planta.
- La especialización de línea de cada planta (determinada por la eficiencia y el porcentaje de desperdicio por tipo de producto).
- El costo total de cada producto entregado al cliente, por planta.

El estudio se realizó a lo largo de un periodo de 15 semanas, iniciando el 6 de junio y terminando el 16 de septiembre de 2011. Los resultados obtenidos demuestran que la metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima propuesta en el presente trabajo de graduación es eficiente, ya que permite a la empresa reducir sus costos totales de entregar el producto al cliente. De esta forma, la empresa podrá evaluar la posibilidad de implementar dicha metodología para lograr que todo el personal esté alineado al cumplimiento de los objetivos de logística.

## **II. MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA**

### **A. Misión**

Cumplir adecuada y oportunamente con los compromisos adquiridos brindando soluciones confiables e innovadoras.

### **B. Visión**

Estar presentes en cada obra facilitando la experiencia de construir.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. General**

1. Establecer la metodología para determinar la ruta de distribución óptima con base en la reducción de costos, por tipo de producto para cada planta de producción de acuerdo a los costos totales del producto entregado al cliente, capacidad y especialización de cada una.

#### **B. Específicos**

1. Determinar los radios de alcance por tipo de producto para cada una de las plantas en base al costo total, eficiencia de producción y porcentaje de desperdicio.

2. Aumentar el ahorro de la empresa en un 4% mediante el análisis de sensibilidad del gasto indirecto de fabricación por planta, para el nuevo plan de distribución.

3. Reducir en un 7% los costos totales del producto entregado al cliente, luego de establecer un registro de la efectividad de la maquinaria industrial de cada planta mediante el uso del método de Efectividad General de los Equipos (OEE).

4. Medir la factibilidad del modelo mediante un análisis comparativo de los costos totales de la empresa utilizando datos históricos.

## IV. JUSTIFICACIÓN

La cadena de suministro de una empresa está formada por proveedores, centros de producción, bodegas, centros de distribución y locales de venta. Además, toma en cuenta las materias primas así como el inventario de productos en proceso y de productos terminados. Debido a la competencia, a las expectativas de los clientes y a los avances en la tecnología de transporte, cada vez hay más interés por parte de las empresas en encontrar la mejor manera de coordinar los procesos de producción, abastecimiento y de logística para que la cadena de suministro sea efectiva.

El proceso de abastecimiento se refiere a la forma en que una compañía compra las materias primas necesarias para el proceso de producción. Los procesos logísticos se refieren a la manera en que se traslada dicho material a las plantas de producción (logística interna) así como el transporte del producto terminado al cliente (logística externa). La administración de estos procesos forma parte de las estrategias que las corporaciones utilizan para poder llegar a sus consumidores de una forma óptima. Este proceso implica la selección de rutas y medios de transporte para que se logre una distribución confiable y al costo mínimo.

Actualmente, la empresa analizada distribuye sus productos basándose únicamente en la ubicación geográfica de los clientes y las plantas de producción. Si bien, la distancia es parte del establecimiento de un plan de distribución, es importante considerar otros factores. Por ejemplo, dos de las plantas mencionadas se encuentran ubicadas al lado de su proveedor de materia prima, lo que les da a ambas una ventaja competitiva importante, debido a que poseen costos directos de producción más bajos que la competencia. Además, cada planta posee distinta capacidad de producción así como eficiencia de la línea de producto y utiliza diferentes tipos de materia prima dependiendo la región en que se encuentre.

Es posible que con el método actual, la empresa esté perdiendo dinero. A pesar de esto, no se ha realizado un estudio para determinar radios de alcance más eficientes. Considerando la ventaja competitiva de costos de producción, la capacidad productiva y la especialización de línea de las plantas, existe la oportunidad de determinar el plan de distribución óptimo de cada una con el fin de aumentar la rentabilidad de la empresa.





La administración de las operaciones y suministro de una empresa representa un gran potencial de ahorro, el cual se consigue mediante la utilización de herramientas que permiten optimizar el uso de los recursos disponibles. Por esto, este trabajo de graduación se centra en

el desarrollo de una metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima, en base a la reducción de costos, por tipo de producto en las tres plantas productoras de prefabricados de concreto.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Gráfica del proceso operativo

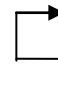
Es una forma gráfica de representar la secuencia cronológica de las operaciones e inspecciones en un proceso de manufactura así como los tiempos y materiales involucrados. Una operación ocurre cuando se transforma o se realiza un trabajo productivo sobre alguna pieza o parte estudiada, mientras que una inspección se lleva a cabo cuando dicha parte es examinada para determinar si cumple con uno o varios parámetros o estándares establecidos. Para la construcción de una gráfica de proceso operativo se utilizan los siguientes símbolos y conectores:

- Un círculo representa una operación: 
- Un cuadrado representa una inspección: 
- Una línea vertical indica el flujo del proceso a medida que se realiza el trabajo: 
- Una línea horizontal indica los materiales comprados o laborados en el proceso: 
- Otros símbolos especiales que se utilizan incluyen:

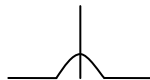
Unión



Reproceso



Sin unión



Rutas alternas













La gráfica del proceso operativo facilita la visualización de los métodos de tal forma que se puedan identificar nuevos y mejores procedimientos. Además, este diagrama muestra que efectos puede tener un cambio en alguna de las operaciones del proceso. Finalmente, ya que la gráfica indica el orden cronológico de las etapas, ésta representa la distribución ideal de la planta. Es por esto que puede ser utilizada también en el desarrollo de nuevas distribuciones de una planta o para mejorar las actuales. (Niebel, 2009: 25).

## B. Diagrama de flujo del proceso

Este diagrama es mucho más detallado que una gráfica de proceso operativo ya que indica otras actividades además de operaciones e inspecciones, tales como transporte, retrasos y almacenamiento. Existen dos tipos de diagramas de flujo, el primero es el de productos o materiales el cual muestra las etapas por las que pasa un material. El segundo tipo de diagrama es el de personas u operativos el cual indica la forma en que una persona lleva a cabo una secuencia de operaciones.

Los símbolos utilizados en un diagrama de flujo de un proceso son los siguientes:

 Operación	 Inspección
 Transporte	 Almacenamiento
 Retraso	 Decisión
 Registro Generado	 Información agregada a un registro
 Inspección y operación simultáneas	 Operación y transporte simultáneos

El diagrama de flujo del proceso es útil para registrar los costos ocultos y no productivos ya que muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, con lo que se puede dar lugar a una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. (Nebel, 2009: 26).

## C. Efectividad general de los equipos (OEE)

La efectividad general de los equipos, conocida como OEE (Overall Equipment Effectiveness) por sus siglas en inglés, es un indicador que mide porcentualmente la efectividad de la maquinaria industrial en el proceso de producción. El OEE toma en cuenta la disponibilidad, rendimiento y calidad de las operaciones, los cuales son tres parámetros importantes en todo proceso de manufactura.

El cálculo del OEE inicia a partir del tiempo programado o teórico, el cual es el tiempo disponible para que la maquinaria trabaje de forma continua, sin interrupciones. En otras palabras, se refiere a la productividad ideal de la planta. De éste, se restan los tiempos clasificados como paros programados que incluyen mantenimientos programados y períodos en los que no se produce como horas de almuerzo, inspecciones, etc. El resultado de esta resta se conoce como tiempo de producción.

La siguiente clasificación corresponde a la de pérdidas de tiempo por paros no programados. Estos incluyen fallos en el equipo tales como máquinas averiadas, así como fallos en el proceso de producción debidos a cambios en las propiedades de la materia prima, falta de espacio en el área de inventario de producto final, etc. Cuando los paros no programados se restan del tiempo de producción, se obtiene lo que se conoce como tiempo de operación.

La disponibilidad es el primer parámetro que se calcula en el método del OEE. Ésta se define como la proporción del tiempo de operación al tiempo de producción y representa el tiempo de inactividad debido a las pérdidas. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \text{Tiempo de operación} / \text{Tiempo de producción}$$

Continuando con el procedimiento, se identifican las pérdidas de producción o velocidad. Éstas incluyen todos los factores que hacen que el proceso opere a una velocidad menor a la máxima posible y se restan al tiempo de operación calculado anteriormente. Algunos ejemplos incluyen las pérdidas de tiempo debidas al desgaste en la maquinaria y operarios ineficientes. El tiempo que se obtiene de la resta se conoce como el tiempo de operación neto.

La siguiente etapa consiste en calcular el segundo parámetro, el rendimiento. Éste se refiere a la proporción del tiempo de operación neto al tiempo de operación:

$$\text{Rendimiento} = \text{Tiempo de operación neto} / \text{Tiempo de operación}$$

La última clasificación consiste en las pérdidas de calidad. Éstas incluyen las piezas que no cumplen con las especificaciones, clasificadas como desperdicio, así como las que requieren reproceso. Al restar dichas pérdidas del tiempo de operación neto, se obtiene el tiempo de operación eficaz, el cual es el tiempo en que realmente se produce. El objetivo de una planta de producción es maximizar este tiempo.

El tercer parámetro es el de calidad, y se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Calidad} = \text{Tiempo de operación eficaz} / \text{Tiempo de operación neto}$$

El OEE se calcula multiplicando los tres parámetros mencionados anteriormente:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

El porcentaje de efectividad del equipo (OEE) de una planta indica, de forma general, la medida de productividad real comparada con la ideal durante un período de tiempo determinado. La siguiente tabla muestra los estándares de clase mundial generalmente aceptados para el OEE:

Cuadro 1. Parámetros del OEE

<b>Parámetro</b>	<b>Estándar Mundial</b>
Disponibilidad	90%
Rendimiento	95%
Calidad	99.9%
OEE	85%

(<http://www.oee.com/>)

(Chase, 2009: 576)

#### **D. El modelo de transporte**

El modelo de transporte es un tipo de programación lineal que se utiliza para determinar la distribución de productos de varias fuentes a varios destinos. Tiene como objetivo determinar el programa de transporte que minimice el costo total de transportar un artículo desde su fuente hacia su destino y que al mismo tiempo satisfaga las restricciones de la oferta y la demanda. Las suposiciones del modelo son las siguientes:

1. El costo de transporte es proporcional a la cantidad de unidades transportadas en determinada ruta.
2. La demanda total es igual a la oferta total; es decir, el modelo debe estar siempre en equilibrio. Si se encuentra desbalanceado, se podrá equilibrar aumentando ya sea una fuente o un destino. Si la demanda es mayor que la oferta, se agrega una fuente o

planta de producción. Por otra parte, si la oferta es mayor que la demanda, se agrega un destino.

Los datos necesarios para el modelo de transporte son:

1. El nivel de oferta en cada fuente
2. La cantidad de demanda en cada destino
3. El costo de transporte unitario
4. La cantidad transportada a cada destino

Este modelo implica que la oferta total debe ser igual a la demanda total, es decir debe estar equilibrado. Esta premisa no siempre se cumple en la realidad. Sin embargo, un modelo de transporte debe equilibrarse con el fin de que sea útil en la representación de ciertas situaciones prácticas. (Taha, 2004: 165).

### **E. Análisis de sensibilidad**

El modelo de transporte es un modelo de programación lineal, el cual representa un instante de la situación real que está siendo analizada en ese momento. Esto quiere decir que los parámetros que utiliza toman valores estáticos al momento de ser ingresados en el modelo. Sin embargo, en la realidad las condiciones permanecen en un estado de cambio continuo. Por ejemplo, las variaciones en precios, cantidades de recursos disponibles y capacidades de producción resultan ser comunes.

Al momento de modificar estos parámetros, la solución óptima del modelo puede verse afectada. Es por esto que el análisis de sensibilidad es una parte importante en la aplicación de la programación lineal en la práctica. El análisis de sensibilidad recibe este nombre ya que estudia la sensibilidad de la solución óptima respecto a los cambios que puedan ocurrir en el modelo. En otras palabras, el análisis de sensibilidad responde a la siguiente pregunta: ¿qué ocurre con la solución óptima si varían las condiciones iniciales?

El análisis de sensibilidad de los parámetros es de forma individual. Esto quiere decir que se analiza la sensibilidad de la solución con respecto al cambio de un parámetro, asumiendo que el resto de parámetros permanecen sin modificaciones. En este sentido, existen dos casos de análisis de sensibilidad. El primero corresponde a cambios en los coeficientes de la función

objetivo. El segundo caso de análisis de sensibilidad corresponde a los cambios en el lado derecho de las restricciones.

El objetivo del análisis de sensibilidad es establecer un intervalo de valores en el cual el dato que se analiza puede variar sin modificar la solución óptima. A este intervalo se le conoce como intervalo de optimalidad, en el cual la solución seguirá siendo óptima siempre que el parámetro del modelo que está siendo analizado permanezca dentro del mismo. (Taha, 2004: 144).

## **F. Árbol de decisiones**

El árbol de decisiones es una herramienta útil para la elección entre varios cursos de acción. Esta técnica ayuda a construir una imagen de los riesgos y los beneficios asociados con cada alternativa. Además es un método efectivo para la toma de decisiones por las siguientes razones:

1. Plantea el problema de una forma clara para que las alternativas puedan ser analizadas fácilmente.
2. Permite analizar las posibles consecuencias de cada alternativa.
3. Proporciona un esquema para medir el costo de cada opción y la probabilidad de que ésta suceda.
4. Ayuda a tomar la mejor decisión en base a la información existente.

Para elaborar un árbol de decisión se inicia dibujando un nodo de decisión del lado izquierdo de la hoja, el cual se representa mediante un cuadro. De este nodo salen líneas hacia la derecha las cuales representan las posibles soluciones. Al final de cada línea se coloca ya sea un círculo para representar un nodo de incertidumbre, o un cuadro para otro nodo de decisión. Sobre cada una de las líneas conectoras se escriben las posibles soluciones o decisiones. Este procedimiento se realiza hasta que se dibujen todas las consecuencias y opciones asociadas con la decisión original.

Luego de que el esquema está listo, se procede a evaluar cada opción. Se inicia estimando el resultado (en unidades monetarias) para cada posible resultado. Luego, se determina la

probabilidad de incidencia para cada resultado proveniente de un nodo de incertidumbre. Dicha aproximación suele estar basada en eventos del pasado, con el fin de presentar valores más acertados.

Finalmente, se calculan los valores finales para todos los nodos. En el caso de los nodos de incertidumbre, cada resultado se multiplica por su probabilidad. Los resultados de todas las decisiones del nodo que se está analizando se suman para obtener el costo total. La mejor decisión será aquella que presente el menor costo. (Estrategia Magazine Año 2 – Edición 31).

## **G. Ingeniería de valor**

La ingeniería de valor es una técnica utilizada para la evaluación de alternativas. El primer paso consiste en identificar los criterios de decisión que son importantes para tomar una decisión. Si los criterios no tienen la misma importancia, estos se deben ponderar para priorizarlos de la mejor forma. La ponderación consiste en la asignación de un valor para cada criterio. Una forma de realizarlo es asignando un valor de 10 al que se considere más importante y luego asignar los valores al resto de criterios en base a este estándar.

Luego, se asigna un valor a cada posible solución o alternativa, por ejemplo una escala de valores de 0 a 4. Este paso se lleva a cabo con el fin de reflejar que tan bien produce cada solución el resultado deseado, en base a los criterios determinados en la primera etapa. Finalmente se multiplica cada valor por cada peso o ponderación y se suman los resultados para obtener la calificación total de cada alternativa. El resultado mayor es el más adecuado. (Niebel, 2009:301).

## VI. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

### A. Análisis de la situación actual

**1. Plantas de producción.** Actualmente la empresa cuenta con tres plantas de producción ubicadas en los departamentos de Guatemala, Quetzaltenango y Suchitepéquez, en los municipios de San Miguel Petapa, Quetzaltenango y San Antonio Suchitepéquez respectivamente.

La planta de Guatemala cuenta con diez manzanas de terreno así como con las facilidades para la elaboración de elementos de concreto prefabricado, pretensado y equipos de postensión. Actualmente, esta planta cuenta con dos líneas de producción marca europea. La primera tiene una capacidad de 22 mil unidades diarias, mientras que la segunda línea cuenta con una capacidad de 45 mil unidades diarias.

La planta en Suchitepéquez cuenta con una línea de producción marca europea con una capacidad de 22 mil unidades diarias, instalada en marzo del 2010. La planta de Quetzaltenango está ubicada en el Cantón Xecaracoj y cuenta con las instalaciones y equipo adecuados para la producción de todo tipo de block y adoquín. Esta planta de producción es la más automatizada de las tres, debido al equipo y maquinaria con que cuenta. Esta automatización permite que los requerimientos de la planta en cuanto a personal de producción, sean menores en comparación con las otras dos plantas. La línea de producción con la que cuenta la planta es marca europea, tiene una capacidad de 65 mil unidades diarias y fue instalada en marzo del año 2008.

Cada una de las plantas cuenta con una línea de producción continua por lo que el proceso de producción consiste en las mismas operaciones para cada uno de los tres productos (bovedilla, block para muro perimetral y adoquín). Tanto la descripción detallada del proceso de producción como la gráfica del proceso operativo y el diagrama de flujo se encuentran en la sección de apéndices.

**2. Productos.** La empresa analizada en el presente trabajo se dedica a la fabricación de blocks y prefabricados de concreto. El concreto es el producto que resulta de la mezcla de cemento, agua y áridos (tales como arenas y gravas), el cual al fraguar adquiere una alta resistencia.

De todos los productos que fabrica la empresa, el que tiene mayor rotación es el block, ya que maneja volúmenes altos de producción y ventas. Sin embargo, es el producto con el menor margen de ganancia, debido a la relación entre su costo de producción y precio de venta. Esto lo convierte en un producto casi local ya que su radio de alcance, en la mayoría de casos, no supera los 50 kilómetros.

Por otra parte, la bovedilla, el block para muro perimetral y el adoquín tienen un radio de alcance mayor debido a su alto margen de ganancia. Esto le permite a la empresa llegar más lejos con estos productos lo cual da lugar al análisis de las actuales rutas de distribución de las tres plantas de producción con el fin de optimizarlas. Esto no sucede en el caso del block ya que su radio de alcance no justifica la realización de un estudio de este tipo.

**a. Bovedilla.** La bovedilla es un producto que forma parte del sistema para construcción de losas de vigueta y bovedilla. La bovedilla se fabrica mediante un proceso de vibrocompactación. Su aplicación incluye cualquier tipo de construcción en la que se requiera de losas y entrepisos, incluyendo el sector de la vivienda. La bovedilla está conformada por las siguientes materias primas:

- Arena de ¼ a 0: de origen basáltico con un tamaño de grano no mayor a ¼ de pulgada
- Piedrín 3/8: de origen basáltico, con un tamaño de 3/8 pulgada
- Cemento ari 5,800 psi
- Aditivos acelerantes y plastificantes

Imagen 1. Bovedilla



(Imagen extraída de la página de la empresa)

**b. Block para muro perimetral.** Este producto forma parte del sistema de block y poste para bardas perimetrales. El block para muro perimetral se fabrica mediante un proceso de vibrocompactación y sus aplicaciones incluyen bardas perimetrales y, en algunos casos, viviendas populares. Este producto se compone de los siguientes elementos:

- Arena de  $\frac{1}{4}$  a 0: de origen basáltico con un tamaño de grano no mayor a  $\frac{1}{4}$  de pulgada
- Piedrín  $\frac{3}{8}$ : de origen basáltico, con un tamaño de  $\frac{3}{8}$  pulgada
- Cemento ari 5,800 psi
- Aditivos plastificantes

Imagen 2. Bock para muro perimetral



(Imagen extraída de la página de la empresa)

**c. Adoquín tradicional.** El adoquín es una unidad de concreto el cual se forma a través de un proceso de vibrocompactación y es utilizado generalmente para pavimentar calles. Este producto posee un diseño que permite colocar las piezas en forma simétrica y continua a lo largo de la zona que se desea pavimentar. El adoquín se forma utilizando las siguientes materias primas:

- Arena de  $\frac{1}{4}$  a 0: de origen basáltico con un tamaño de grano no mayor a  $\frac{1}{4}$  de pulgada
- Piedrín  $\frac{3}{8}$ : de origen basáltico, con un tamaño de  $\frac{3}{8}$  pulgada

- Polvo de piedra de 0 a 3/8: de origen calizo con un tamaño de grano no mayor de 3/8
- Aditivos impermeabilizantes

Imagen 3. Adoquín tradicional



(Imagen extraída de la página de la empresa)

**3. Canal de distribución.** Un canal de distribución es la vía por la que el producto final es trasladado desde el fabricante hasta el consumidor final. Entre las funciones de un canal de distribución están las funciones logísticas, las cuales se encargan del almacenamiento y de la distribución física del producto. El canal de distribución de la empresa es un canal directo, ya que su recorrido inicia en la planta de producción y finaliza con la entrega del producto al usuario final sin ningún intermediario.

**4. Clasificación de costos.** Un costo se define como el valor monetario de los recursos que se entregan a cambio de bienes o servicios que se compran. El costo se incurre en el momento de la adquisición del bien o servicio. Toda empresa posee costos. (García, 2008: 6).

La empresa analizada en este trabajo de graduación se clasifica como una empresa de transformación, ya que se dedica a la adquisición de materias primas para su transformación en productos terminados que se puedan ofrecer al cliente. Las funciones de una empresa de transformación incluyen la compra de materia prima, la producción, la administración, la venta y el financiamiento. (García, 2008: 6).

La compra de materia prima se refiere a los costos incurridos en la obtención de la misma. Estos incluyen el precio facturado por el proveedor así como los costos de traslado del

material. Estos últimos pueden ser los fletes, gastos de aduana, impuestos de importación, seguros, etc. (García, 2008: 6).

La segunda función es la de producción y está formada por las actividades de almacenamiento de la materia prima así como la transformación de la misma en productos terminados. Los costos de esta función se conocen como costos de producción y están formados por el costo total de la materia prima, el costo de mano de obra y otros costos indirectos que intervienen en el proceso de manufactura. (García, 2008: 6).

La tercera función es la de venta y administración, la cual comprende las actividades de almacenamiento del producto terminado, así como la publicidad y promoción del mismo. Además, incluye los gastos por concepto de empaque, gastos de venta y administrativos en general y el gasto por despacho y entrega del producto final. Finalmente, la función de financiamiento corresponde a los recursos que son ajenos a la empresa, pero que son requeridos por la misma para poder funcionar. (García, 2008: 6).

Los costos relevantes para el presente trabajo de graduación son los costos de adquisición de la materia prima así como los costos de producción. En el caso de las plantas de manufactura analizadas, los costos de adquisición de la materia prima incluyen solamente el precio y el costo del flete de la misma. Es importante mencionar que para las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, los costos de flete de la materia prima son mucho más bajos que los de la planta de San Miguel Petapa. Esto se debe a que las primeras dos están ubicadas a la par del proveedor de materia prima.

En cuanto a los costos de producción de las tres plantas, estos están formados por los siguientes elementos:

**a. Materia prima.** La materia prima está constituida por todos los materiales que se someten a operaciones de transformación que las convierten en productos terminados. (García, 2008: 16).

Esta, a su vez, se divide en dos grupos:

**1) Materia prima directa.** Son todos los materiales que se transforman en el proceso de producción, los cuales pueden ser identificados o cuantificados en los productos terminados. (García, 2008: 16).

En este caso, estos materiales corresponden a:

- Cemento
- Arenas
- Aditivos
- Agua
- Energía Eléctrica

**2) Materia prima indirecta.** Son todos los materiales que se transforman en el proceso de producción, los cuales no pueden ser identificados o cuantificados en los productos terminados. (García, 2008: 16).

Estos son:

- Combustibles
- Lubricantes
- Repuestos
- Moldes

**b. Mano de obra.** Se refiere al trabajo humano que forma parte del proceso de producción. (García, 2008: 16).

Esta se divide en los siguientes grupos:

**1) Mano de obra directa.** Son los costos correspondientes a los salarios, prestaciones y obligaciones de los trabajadores cuya actividad se puede identificar directamente en los productos terminados. (García, 2008: 16).

**2) Mano de obra indirecta.** Son los costos correspondientes a los salarios, prestaciones y obligaciones de los trabajadores cuya actividad no se puede identificar directamente en los productos terminados. (García, 2008: 16).

**c. Gastos indirectos de fabricación.** Son los costos que intervienen en la transformación de los productos, pero que no pueden ser identificados por completo en el proceso productivo.

Las relaciones entre los costos descritos anteriormente, dan lugar a nuevos conceptos. Por ejemplo, el costo primo unitario se refiere a la suma de los costos de materia prima directa y mano de obra directa. Por otra parte, el costo de producción es la suma de los costos primos y los gastos indirectos de fabricación. (García, 2008: 16).

Los montos establecidos para los costos descritos en este capítulo, se detallan en la sección del modelo de transporte.

## 5. Sistema de distribución actual

Actualmente, la empresa distribuye sus productos de acuerdo a la proximidad geográfica entre las plantas de producción y sus clientes. Cada una de las plantas está encargada de distribuir los tres tipos de producto a regiones determinadas, las cuales conforman su radio de alcance. La siguiente tabla muestra el resumen de esta información:

Cuadro 2. Regiones de las plantas de producción

	<b>Quetzaltenango</b>	<b>Suchitepéquez</b>	<b>San Miguel Petapa</b>
Región 1	Santa María de Jesús, Zunil, Almolonga y Cantel	El Zarco, San Martín Zapotitlán y San Felipe	Escuintla, Palín, Amatitlán y Villa Nueva
Región 2	Colomba, San Martín Sacatepéquez y Concepción Chiquirichapa	Retalhuleu, El Asintal y Las Victorias	San Lucas, Sumpango, El Tejar, Chimaltenango, Zaragoza, Tecpán y Los Encuentros
Región 3	Alaska, Nahualá y Cuatro Caminos	Río Bravo, Cocales, Santa Lucía Cotzumalguapa y Siquinalá	

De esta forma, la empresa entrega al cliente los 3 tipos de producto en 3 tipos de camión y utiliza 4 rutas de distribución que conectan a las plantas de producción entre sí. A continuación se muestran las tablas que detallan la información del plan de distribución actual:

Cuadro 3. Datos históricos Ruta 1

			El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Castel	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>				<b>Q 556.00</b>	<b>Q 364.00</b>	<b>Q 333.00</b>	<b>Q 343.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla				Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52	Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Camión 200 qq	Xela	Blocon				Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23	Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Camión 200 qq	Xela	Adoquin				Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748	Q 214,230.41
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>				<b>Q 920.00</b>	<b>Q 600.00</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 565.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla				Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48	Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon				Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15	Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin				Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	Q 2.17	97,748	Q 212,024.09
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>				<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 825.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla				Q 3.80	Q 3.55	No ingresa	Q 3.49	Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon				Q 7.78	Q 7.30	No ingresa	Q 7.18	Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin				Q 2.25	Q 2.14	No ingresa	Q 2.11	Q 2.17	97,748	Q 211,884.45
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.50					Q 4.50	1,051	Q 4,731.99
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	Q 8.97	Q 8.97	Q 8.97					Q 8.97	1,450	Q 13,014.92
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39					Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.37					Q 4.37	1,051	Q 4,593.34
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	Q 8.65	Q 8.65	Q 8.65					Q 8.65	1,450	Q 12,553.20
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31					Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.43	Q 4.43	Q 4.43					Q 4.43	1,051	Q 4,651.72
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	Q 8.79	Q 8.79	Q 8.79					Q 8.79	1,450	Q 12,749.02
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34					Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
<b>TOTAL</b>												<b>Q 909,954.30</b>

Cuadro 4. Datos históricos Ruta 2

			Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,116.00</b>	<b>Q 1,096.00</b>	<b>Q 820.00</b>	<b>Q 728.00</b>	<b>Q 489.00</b>	<b>Q 447.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla				Q 4.32	Q 3.82	Q 3.74	Q 3.96	7,390	Q 29,259.96	
Camión 200 qq	Xela	Blocon				Q 8.77	Q 7.82	Q 7.65	Q 8.08	8,232	Q 66,502.43	
Camión 200 qq	Xela	Adoquin				Q 2.52	Q 2.28	Q 2.24	Q 2.35	146,622	Q 344,169.77	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,835.00</b>	<b>Q 1,800.00</b>	<b>Q 1,350.00</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 810.00</b>	<b>Q 740.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla				Q 4.23	Q 3.77	Q 3.68	Q 3.90	7,390	Q 28,784.89	
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon				Q 8.60	Q 7.71	Q 7.55	Q 7.95	8,232	Q 65,466.67	
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin				Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22	Q 2.32	146,622	Q 339,645.43	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 445.00</b>	<b>Q 470.00</b>	<b>Q 752.00</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.50	Q 4.54	Q 5.01					Q 4.69	1,226	Q 5,745.17
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	Q 8.97	Q 9.07	Q 10.20					Q 9.41	2,176	Q 20,481.96
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.39	Q 2.41	Q 2.69					Q 2.50	3,133	Q 7,818.92
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 642.00</b>	<b>Q 685.00</b>	<b>Q 1,096.00</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.37	Q 4.41	Q 4.80					Q 4.53	1,226	Q 5,552.81
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	Q 8.66	Q 8.75	Q 9.69					Q 9.03	2,176	Q 19,657.96
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.31	Q 2.33	Q 2.57					Q 2.40	3,133	Q 7,523.97
<b>TOTAL</b>												<b>Q 940,609.95</b>

Cuadro 5. Datos históricos Ruta 3

<b>Datos históricos</b>			Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Sigüinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 321.00</b>	<b>Q 350.00</b>	<b>Q 570.00</b>	<b>Q 640.00</b>	<b>Q 880.00</b>	<b>Q 1,070.00</b>	<b>Q 1,150.00</b>	<b>Q 1,260.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.30	Q 4.34	Q 4.71	Q 4.83					Q 4.54	1,225	Q 5,566.09	
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	Q 8.47	Q 8.59	Q 9.47	Q 9.75					Q 9.07	2,176	Q 19,738.50	
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.26	Q 2.29	Q 2.51	Q 2.58					Q 2.41	3,133	Q 7,551.31	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 456.46</b>	<b>Q 588.33</b>	<b>Q 743.38</b>	<b>Q 834.67</b>	<b>Q 1,147.67</b>	<b>Q 1,395.46</b>	<b>Q 1,499.79</b>	<b>Q 1,643.25</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.19	Q 4.32	Q 4.47	Q 4.55					Q 4.38	1,225	Q 5,370.99	
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	Q 8.23	Q 8.53	Q 8.89	Q 9.10					Q 8.69	2,176	Q 18,903.02	
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.20	Q 2.28	Q 2.36	Q 2.42					Q 2.31	3,133	Q 7,251.93	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 729.17</b>	<b>Q 858.33</b>	<b>Q 1,187.50</b>	<b>Q 1,333.33</b>	<b>Q 1,833.33</b>	<b>Q 2,229.17</b>	<b>Q 2,395.83</b>	<b>Q 2,625.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	Q 4.25	Q 4.33	Q 4.55	Q 4.65					Q 4.44	1,225	Q 5,444.78	
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	Q 8.36	Q 8.56	Q 9.09	Q 9.32					Q 8.83	2,176	Q 19,221.33	
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	Q 2.23	Q 2.28	Q 2.42	Q 2.47					Q 2.35	3,133	Q 7,365.16	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,245.44</b>	<b>Q 1,118.95</b>	<b>Q 875.70</b>	<b>Q 797.86</b>	<b>Q 554.61</b>	<b>Q 418.39</b>	<b>Q 400.00</b>	<b>Q 300.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla					Q 4.43	Q 4.21	Q 4.18	Q 4.01	Q 4.21	36,689	Q 154,353.68	
Camión 200 qq	Guate	Blocon					Q 8.52	Q 8.06	Q 8.00	Q 7.67	Q 8.06	22,550	Q 181,846.96	
Camión 200 qq	Guate	Adoquin					Q 2.42	Q 2.29	Q 2.27	Q 2.17	Q 2.29	11,670	Q 26,703.88	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,670.40</b>	<b>Q 1,500.75</b>	<b>Q 1,174.50</b>	<b>Q 1,070.10</b>	<b>Q 743.85</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 524.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla					Q 4.22	Q 4.23	Q 4.23	Q 4.01	Q 4.17	36,689	Q 153,096.65	
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon					Q 8.09	Q 8.11	Q 8.11	Q 7.67	Q 8.00	22,550	Q 180,301.75	
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin					Q 2.30	Q 2.30	Q 2.30	Q 2.17	Q 2.27	11,670	Q 26,463.98	
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 2,464.00</b>	<b>Q 2,236.50</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,324.00</b>	<b>Q 1,324.00</b>		<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla					Q 4.73	Q 4.73	Q 4.39	Q 4.39	Q 4.56	36,689	Q 167,338.53	
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon					Q 9.11	Q 9.11	Q 8.44	Q 8.44	Q 8.77	22,550	Q 197,808.60	
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin					Q 2.60	Q 2.60	Q 2.40	Q 2.40	Q 2.50	11,670	Q 29,182.00	
<b>TOTAL</b>													<b>Q 1,213,509.14</b>	

Cuadro 6. Datos históricos Ruta 4

Datos históricos			San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzioia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Q 1,950.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00	CP	Unidades	CT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla									Q 4.21	Q 4.00	Q 3.67	Q 3.96	2,463	Q 3,877.13
Camión 200 qq	Xela	Blocon									Q 8.56	Q 8.16	Q 7.52	Q 8.08	2,744	Q 22,178.45
Camión 200 qq	Xela	Adoquin									Q 2.47	Q 2.37	Q 2.21	Q 2.35	97,748	Q 223,544.26
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 3,950.00</b>	<b>Q 2,950.00</b>	<b>Q 2,775.00</b>	<b>Q 2,850.00</b>	<b>Q 2,650.00</b>	<b>Q 2,590.00</b>	<b>Q 2,350.00</b>	<b>Q 1,450.00</b>	<b>Q 1,115.00</b>	<b>Q 950.00</b>	<b>Q 685.00</b>	<b>CP</b>	<b>Unidades</b>	<b>CT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla									Q 4.13	Q 3.93	Q 3.62	Q 3.90	2,463	Q 3,853.66
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon									Q 8.41	Q 8.03	Q 7.42	Q 7.95	2,744	Q 21,622.22
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin									Q 2.43	Q 2.34	Q 2.16	Q 2.32	97,748	Q 226,430.29
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 3,700.00</b>	<b>Q 3,550.00</b>	<b>Q 3,350.00</b>	<b>Q 3,450.00</b>	<b>Q 3,200.00</b>	<b>Q 3,125.00</b>	<b>Q 2,850.00</b>	<b>Q 1,850.00</b>	<b>Q 1,500.00</b>	<b>Q 1,350.00</b>	<b>Q 950.00</b>	<b>CP</b>	<b>Unidades</b>	<b>CT</b>
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla									Q 4.05	Q 3.93	Q 3.60	Q 3.86	2,463	Q 3,505.70
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon									Q 8.26	Q 8.02	Q 7.38	Q 7.89	2,744	Q 21,640.63
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin									Q 2.37	Q 2.31	Q 2.16	Q 2.28	97,748	Q 222,849.77
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 487.00</b>	<b>Q 632.00</b>	<b>Q 632.00</b>	<b>Q 740.00</b>	<b>Q 827.05</b>	<b>Q 875.70</b>	<b>Q 1,070.30</b>	<b>Q 1,556.80</b>	<b>Q 1,731.94</b>	<b>Q 1,946.00</b>	<b>Q 2,140.60</b>	<b>CP</b>	<b>Unidades</b>	<b>CT</b>
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	Q 4.32	Q 4.56	Q 4.56	Q 4.74	Q 4.89	Q 4.97	Q 5.29	Q 6.10				Q 4.93	70,320	Q 346,748.65
Camión 200 qq	Guate	Blocon	Q 8.29	Q 8.78	Q 8.78	Q 9.14	Q 9.43	Q 9.59	Q 10.24	Q 11.86				Q 9.91	22,550	Q 214,496.07
Camión 200 qq	Guate	Adoquin	Q 2.38	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.61	Q 2.70	Q 2.75	Q 2.94	Q 3.43				Q 2.72	23,341	Q 63,548.35
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 852.90</b>	<b>Q 908.90</b>	<b>Q 908.90</b>	<b>Q 992.90</b>	<b>Q 1,089.25</b>	<b>Q 1,174.50</b>	<b>Q 1,435.50</b>	<b>Q 2,088.90</b>	<b>Q 2,322.90</b>	<b>Q 2,610.00</b>	<b>Q 2,871.00</b>	<b>CP</b>	<b>Unidades</b>	<b>CT</b>
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	Q 4.32	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.45	Q 4.57	Q 4.63	Q 4.88	Q 5.50				Q 4.54	70,320	Q 325,943.66
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	Q 8.29	Q 8.38	Q 8.38	Q 8.66	Q 8.78	Q 8.91	Q 9.40	Q 10.65				Q 8.92	22,550	Q 201,822.71
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin	Q 2.38	Q 2.38	Q 2.38	Q 2.44	Q 2.50	Q 2.54	Q 2.69	Q 3.06				Q 2.95	23,341	Q 59,404.93
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 1,829.00</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q 3,024.00</b>	<b>Q 3,339.00</b>	<b>Q 3,724.00</b>	<b>Q 4,074.00</b>	<b>CP</b>	<b>Unidades</b>	<b>CT</b>
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.94	Q 4.94	Q 5.53				Q 4.88	70,320	Q 343,331.54
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.54	Q 9.54	Q 10.70				Q 9.41	22,550	Q 212,304.43
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.73	Q 2.73	Q 3.08				Q 2.69	23,341	Q 62,967.82
<b>TOTAL</b>																<b>Q 2,693,120.35</b>

Las tablas anteriores muestran el tipo de transporte y el tipo de producto por cada planta de producción y por cada ruta de distribución. Además muestran los destinos a los que el producto es transportado así como los costos promedio de entregar el producto al cliente, las ventas tanto por planta como por producto y los costos totales.

La manera en que se obtuvo la información presentada en las tablas anteriores, así como su análisis, se detalla en los siguientes capítulos de la construcción del modelo.

## B. Análisis de la efectividad general de los equipos (OEE)

El OEE es una técnica que mide la efectividad general de los equipos en una planta de producción. Esta técnica utiliza tres parámetros importantes en la ingeniería industrial los cuales son la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Este método proporciona información importante sobre las causas principales de pérdidas en el tiempo de producción, por lo que existe la posibilidad de analizar el costo que estas representan para la empresa y como evitarlas para asegurar su rendimiento óptimo.

Para calcular el OEE de la empresa, se utilizó la información proporcionada en cuanto a los tiempos de producción y clasificación de las pérdidas de tiempo existentes. Dichos datos comprenden un periodo de tiempo de enero a julio del año 2011.

El cálculo del OEE parte de las horas programadas, las cuales conforman el tiempo disponible de producción de la planta. A este tiempo se le restan todas las pérdidas existentes para determinar el tiempo de operación eficaz. Luego, se calculan los tres parámetros

mencionados anteriormente, los cuales se multiplican para determinar la efectividad global de la planta (OEE).

Actualmente la empresa cuenta con una clasificación estandarizada de los tiempos. A continuación se muestra dicha clasificación, así como algunos ejemplos de las situaciones más comunes para cada tipo de pérdida de tiempo:

Cuadro 7. Clasificación de las pérdidas de tiempo durante el proceso de producción I

<b>Pérdidas</b>	<b>Ejemplos</b>
Paros programados	Cambios de molde programados, limpieza y mantenimiento periódico o programado, vacaciones programadas para el personal y pruebas con moldes, aceites hidráulicos o nuevas mezclas.
Restricciones controladas	Falta de espacio en el área de inventario de producto terminado, cambio de sistema operativo, cambio de mezcla, calibración del equipo, falta de relevos de refacciones, ajustes en las máquinas, etc.
Paros no programados	Problemas con el equipo (principalmente en el multitorca, ascensor y descensor), atascamientos en las bandas, fallos en los motores, en los montacargas, en la mezcladora, etc.
Restricciones no controladas	Falta de energía eléctrica, falta de abastecimiento de material por parte del proveedor, variaciones en las propiedades de la materia prima, lentitud en el equipo debido a un cambio en el personal ocasionado por el efecto de la curva de aprendizaje del nuevo operario en el rendimiento de la operación.
Concesiones	Ajustes de la maquinaria durante el arranque de la producción así como el tiempo de limpieza del molde durante la producción.
Desperdicios y reproceso	La sobreproducción, el tiempo de espera, reprocesamiento así como defectos en los productos.

Según el procedimiento para el calcular el OEE, las pérdidas de tiempo se deben clasificar en seis grupos. Estos coinciden con las categorías explicadas en la tabla anterior, de la siguiente forma:

Cuadro 8. Clasificación de las pérdidas de tiempo durante el proceso de producción II

<b>Pérdidas</b>	<b>Definición</b>	<b>Equivalente de la empresa</b>
1. Paradas programadas	Tiempo de producción perdido cuando la producción se detiene para el mantenimiento o servicio planificado o periódico.	Paros Programados
2. Ajustes de producción	Tiempo perdido por ajustes en los planes de producción derivados de cambios en la demanda o disponibilidad de suministros.	Restricciones Controladas
3. Fallos de equipo	Tiempo que se pierde cuando el equipo pierde sus funciones específicas.	Paros No Programados
4. Fallos de proceso	Tiempo perdido en paradas causadas por factores externos, materiales defectuosos, cambios en las propiedades de la materia prima o personal nuevo.	Restricciones No Controladas
5. Pérdidas de producción	Tiempo perdido en arranques, paradas o cambios de materiales y equipos. Incluye las pérdidas debidas a anomalías que disminuyen el rendimiento de la planta.	Concesiones
6. Pérdidas de calidad	Pérdidas por productos rechazables que no cumplen con las especificaciones. También incluye las pérdidas derivadas de devolver el material a una operación anterior.	Desperdicios y Reproceso

Utilizando la información anterior, se calculó el OEE para cada una de las tres plantas de producción. Debido a que las plantas cuentan con una línea de producción continua en lugar de máquinas aisladas, se determinó que los tiempos de producción de cada planta serán los mismos para cada uno de los tres productos (bovedilla, block para muro perimetral y adoquín). Por esto, se realizaron 3 escenarios solamente.

En el primer escenario se analizó la planta de producción ubicada en Quetzaltenango. A continuación se muestra el OEE de la misma:

Cuadro 9. OEE de la planta de Quetzaltenango

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
<b>Tiempo de calendario</b>								
Días programados al mes	31	28	31	30	31	30	31	
Tiempo mensual total trabajado	355	313	372	304	352.5	355.5	250	
1. Paradas programadas (PP)	7	21	9	38	17	6	3	
2. Ajustes de producción (RC)	0	0	16	19	0	24	93	
<b>Tiempo de producción</b>	<b>348</b>	<b>292</b>	<b>347</b>	<b>247</b>	<b>335.5</b>	<b>325.5</b>	<b>154</b>	
3. Fallos de equipo (PNP)	0	21.5	13	4	19.5	19.5	5	
4. Fallos de proceso (RNC)	14.5	6	5	2.5	21	16.5	0.5	
<b>Tiempo de operación</b>	<b>333.5</b>	<b>264.5</b>	<b>329</b>	<b>240.5</b>	<b>295</b>	<b>289.5</b>	<b>148.5</b>	
5. Pérdidas de producción	19.81	17.47	20.76	16.96	19.67	19.84	13.95	
<b>Tiempo de operación neto</b>	<b>313.69</b>	<b>247.03</b>	<b>308.24</b>	<b>223.5</b>	<b>275.33</b>	<b>269.66</b>	<b>134.6</b>	
6. Defectos de calidad	2.79	1.92	4.37	2.51	4.09	4.07	1.37	
<b>Tiempo de operación eficaz</b>	<b>310.90</b>	<b>245.12</b>	<b>303.88</b>	<b>221.03</b>	<b>271.24</b>	<b>265.59</b>	<b>133.18</b>	
								<b>PROMEDIO</b>
<b>Disponibilidad</b>	96%	91%	95%	97%	88%	89%	96%	<b>93%</b>
<b>Rendimiento</b>	94%	93%	94%	93%	93%	93%	91%	<b>93%</b>
<b>Tasa de calidad</b>	99%	99%	99%	99%	99%	98%	99%	<b>99%</b>
<b>Efectividad global de la planta (OEE)</b>	89%	84%	88%	89%	81%	82%	86%	<b>86%</b>

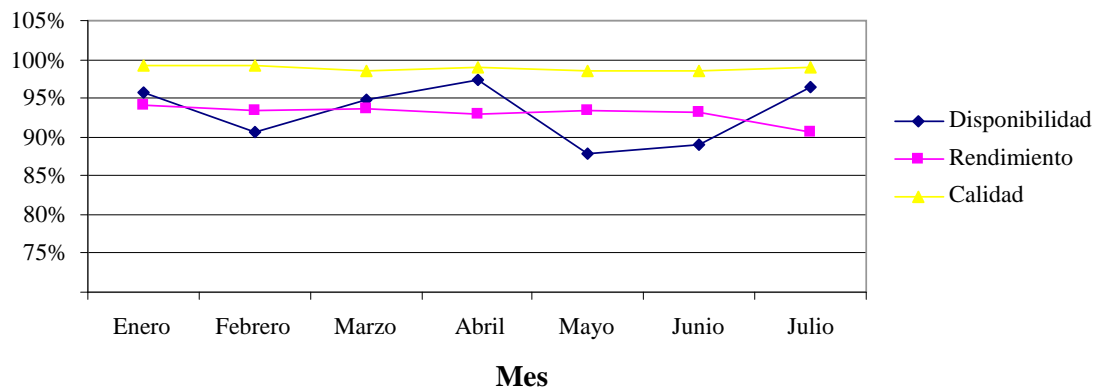
La planta de Quetzaltenango es la que presenta el mayor porcentaje de OEE de las tres. Se puede observar que durante los meses de enero, febrero y mayo no se presentaron atrasos por ajustes de producción. Además, solamente durante el mes enero se evitaron todo tipo de pérdidas de tiempo por fallos del equipo.

Por otra parte, durante los meses de junio y julio, los atrasos ocasionados por ajustes de producción fueron de 24 y 93 horas respectivamente. Dichos valores son demasiado altos en

comparación con el resto. Esta situación pudo haber sido ocasionada por la instalación de un nuevo sistema operativo en la empresa durante estos meses.

Continuando con el análisis del primer escenario, se realizaron gráficas de tendencias para mostrar el comportamiento de los parámetros de producción así como del OEE de la planta de Quetzaltenango. A continuación se muestran dichas gráficas, las cuales comprenden los meses de enero a julio del año 2011:

Gráfico 1. Parámetros de la planta de Quetzaltenango



Como se puede observar en la gráfica, la calidad es el parámetro con los valores más altos. Actualmente, el valor promedio de la calidad de la planta de Quetzaltenango es del 99%. Sin embargo, este no llega al valor del estándar mundial generalmente aceptado, el cual es de 99.9%.

La calidad no se puede definir de modo universal, ya que su significado varía dependiendo de la perspectiva desde la que se analice. En el caso particular del cálculo del OEE, el estándar de la calidad se basa en las perspectivas de producto y de manufactura. La primera indica que la calidad es función de variables medibles y específicas. Para la producción de los prefabricados de concreto, estas variables son la altura, el nivel de desportilladuras y la apariencia del producto. La perspectiva con base en la manufactura se refiere a la conformidad con las especificaciones, las cuales son los objetivos y tolerancias que se determinan durante el proceso de diseño del producto. Para los productos analizados, estas especificaciones son los valores ideales de humedad y resistencia. Ambas perspectivas se ven reflejadas en el OEE, ya que este mide la cantidad de unidades defectuosas y en reproceso en base a las variables y especificaciones mencionadas. (Evans, 2009: 13 – 15).

Esto quiere decir que la calidad se mide según las condiciones físicas del producto, las cuales se identifican en las operaciones de inspección que se realizan antes y después del proceso de fraguado. Sin embargo, es posible que dichas inspecciones se vean afectadas por la subjetividad del operario. Estas variaciones pueden ser la causa de que la calidad sea del 99% y no del 100%. Debido a que la calidad es un asunto importante para cualquier empresa que aspire a ser competitiva, se recomienda considerar el refuerzo de las inspecciones para evitar variaciones en el estándar de la calidad.

Por otra parte, el promedio de enero a julio para los parámetros de disponibilidad y rendimiento es de 93%. Sin embargo, como se puede observar en el gráfico anterior, el rendimiento ha sido mucho más estable que la disponibilidad a lo largo de los primeros 7 meses del año en curso.

El rendimiento se refiere a la velocidad de producción. Este parámetro mide las pérdidas debidas a ciclos de fabricación lentos que causan que el proceso opere a una velocidad menor a la ideal. En general, la planta presenta un nivel de rendimiento por debajo del estándar mundial aceptado, el cual es de 95%. Los factores que pudieron haber ocasionado este nivel de rendimiento incluyen los fallos del equipo, fallos de proceso así como las concesiones.

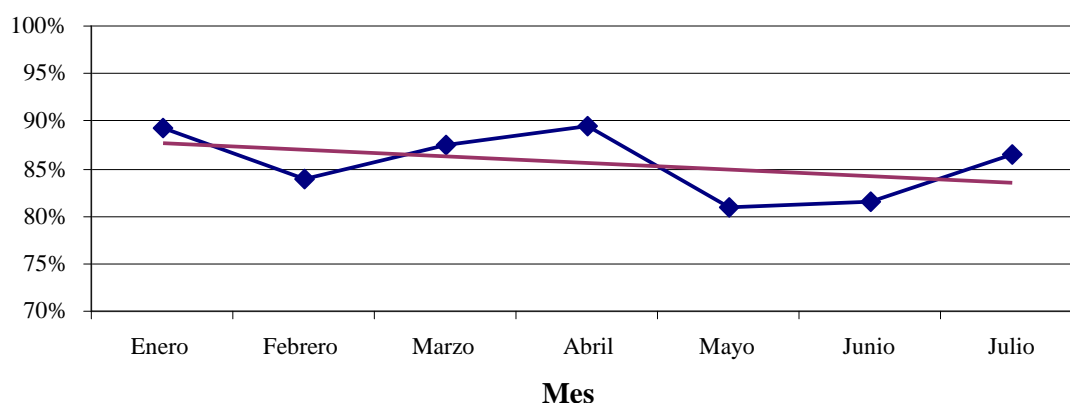
Por ejemplo, durante el mes de febrero, se perdieron 21.5 horas de tiempo de producción principalmente por fallos en el multitorca. Esta máquina se encarga de transportar el producto hacia y desde los cuartos de fraguado, por lo que su buen funcionamiento es determinante en la velocidad de fabricación de piezas terminadas. Por otra parte, durante el mes de mayo, se perdieron 21 horas por falta de materia prima así como por fallos en la energía eléctrica. Esto quiere decir que la mayor parte de tiempo perdido por fallos de proceso se debe a factores externos que son responsabilidad tanto del proveedor de materia prima como la empresa eléctrica. Finalmente, el rendimiento más bajo se registró en el mes de julio, el cual corresponde a un 91%. En este mes no se presentan atrasos significativos por fallos de equipo o proceso. Sin embargo, los ajustes de producción ocasionaron pérdidas equivalentes a 93 horas. Estas fueron causadas por falta de espacio en el área de inventario. La cantidad de unidades realmente fabricadas en comparación con las que se podrían haber fabricado, también disminuyó en este mes debido a pérdidas por concesiones.

A pesar de la estabilidad del rendimiento, su valor máximo es del 94%, el cual se registró en los meses de enero y abril. Este valor está muy cerca del estándar mundial aceptado, por lo que la reducción de las pérdidas mencionada anteriormente permitirá a la empresa alcanzar dicho estándar en poco tiempo.

El siguiente parámetro es el de la disponibilidad. Esta indica si realmente se produjo durante todo el tiempo disponible. Es decir, mide el tiempo en que la línea trabajó y lo compara con el tiempo teórico de producción de la misma. En contraste con el rendimiento, la disponibilidad de la planta de producción de Quetzaltenango fluctúa mucho de mes a mes. En enero alcanza un valor de 96%, mientras que en febrero baja considerablemente a 91%. Durante marzo, este parámetro tiende a crecer de un valor de 95% hasta 97% en abril. Sin embargo, en mayo la disponibilidad baja hasta un valor de 88%, siendo este el más bajo en el periodo de tiempo analizado. Finalmente, el parámetro aumenta a 89% en junio, y en julio llega a un valor de 96%.

La disponibilidad mide las pérdidas de productividad debidas a eventos que detuvieron la producción planeada por un periodo de tiempo significativo. En la planta de Quetzaltenango, estos eventos incluyen principalmente las paradas programadas, ajustes de producción así como fallos en el equipo y en el proceso. Tomando como ejemplo el mes de mayo (el mes con el menor porcentaje de disponibilidad), se perdieron casi 58 horas de producción debido a estos factores. Sin embargo, es importante mencionar que a pesar de la inestabilidad del parámetro de disponibilidad, el promedio de la misma durante los primeros siete meses del año 2011 es de 93%. Este valor supera el estándar mundial aceptado de 90%.

Gráfico 2. OEE de la planta de Quetzaltenango

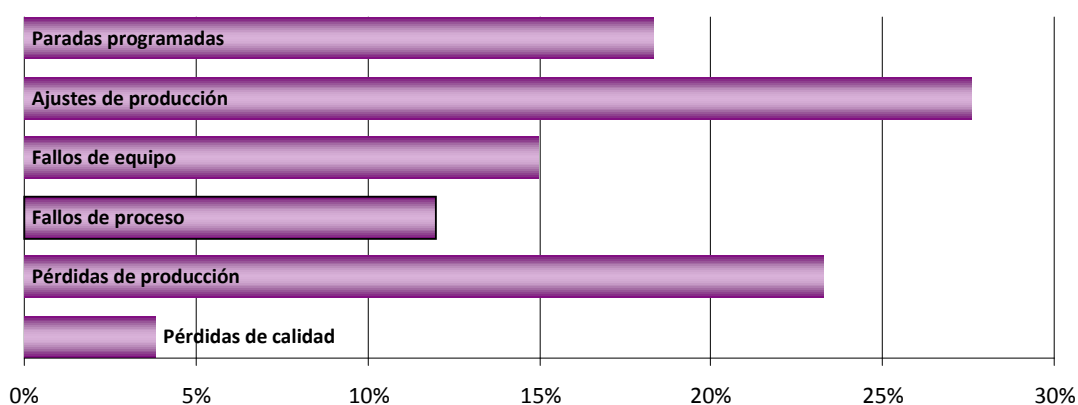


La gráfica anterior muestra el OEE de la planta ubicada en Quetzaltenango. Como se puede observar, en los meses de enero y abril la efectividad global de la planta alcanzó sus valores más altos de 96%. Por otra parte, febrero, mayo y junio son los meses con los valores

de OEE más bajos, siendo estos de 84, 81 y 82% respectivamente. Estos valores se encuentran por debajo del estándar mundial del 85%. Sin embargo, el promedio del OEE de los primeros 7 meses del año 2011 es de 86%, lo cual está por encima del estándar mundial aceptado.

Finalmente, el análisis del primer escenario concluye con la gráfica de barras que muestra el porcentaje de participación que tiene cada tipo de retraso en el total del tiempo de producción perdido. A continuación se muestra dicha gráfica:

Gráfico 3. Clasificación de las pérdidas de la planta de Quetzaltenango



La gráfica de barras muestra los seis grupos de pérdidas de la planta de Quetzaltenango. Se puede observar que los ajustes de producción representan la mayor parte del tiempo perdido durante el proceso, ya que constituyen un 27.58% de las pérdidas. Durante los 7 meses registrados, las pérdidas de este tipo se debieron a la falta de espacio en el área de inventario de producto terminado así como a la instalación del nuevo sistema operativo en la empresa. Estas situaciones ocasionaron pérdidas de 5 a 8 horas por día.

Seguido de este grupo, están las pérdidas de producción, las cuales representan un 23.31% del tiempo perdido. Las pérdidas de producción corresponden a las concesiones o ajustes de la maquinaria y herramientas durante el periodo de producción. En total, se perdieron 128.5 horas en este tipo de atrasos, que corresponden a un promedio de 18.35 horas por mes. Estas pérdidas se deben principalmente a cambios de molde en la prensa.

Los atrasos por paradas programadas, fallos de equipo y fallos de proceso representan un 18.33%, 14.97% y 11.98% de total de tiempo perdido, respectivamente. Por otra parte, las pérdidas de calidad son las menores, ya que representan el 3.83% solamente.

El segundo escenario corresponde al OEE de la planta de producción ubicada en Suchitepéquez. Para su análisis, se realizaron los mismos pasos que en el escenario anterior. Primero se muestra la tabla con el cálculo del OEE de la planta:

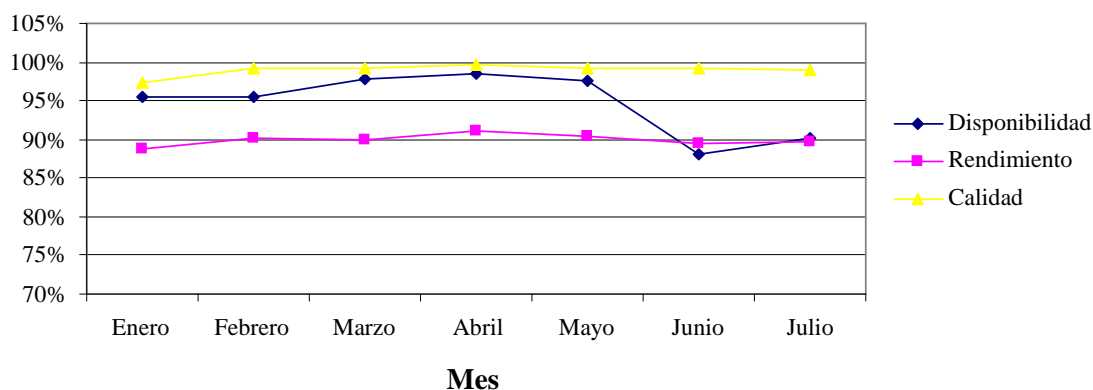
Cuadro 10. OEE de la planta de Suchitepéquez

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
<b>Tiempo de calendario</b>								
Días programados al mes	31	28	31	30	31	30	31	
Tiempo mensual total trabajado	307.5	277.15	345.95	215.9	299	254.6	311.3	
1. Paradas programadas (PP)	41.25	11.97	27.92	2.85	18.18	12.53	11.22	
2. Ajustes de producción (RC)	26.9	21.52	25.32	8.02	15.65	13.12	22.85	
<b>Tiempo de producción</b>	<b>239.4</b>	<b>243.66</b>	<b>292.71</b>	<b>205.1</b>	<b>265.2</b>	<b>228.9</b>	<b>277.3</b>	
3. Fallos de equipo (PNP)	3.65	4.61	2.81	1.71	0.9	11.98	3	
4. Fallos de proceso (RNC)	7.11	6.37	3.65	1.14	5.35	15.56	24.4	
<b>Tiempo de operación</b>	<b>228.6</b>	<b>232.68</b>	<b>286.25</b>	<b>202.2</b>	<b>258.9</b>	<b>201.4</b>	<b>249.9</b>	
5. Pérdidas de producción	25.61	23.09	28.82	17.99	24.91	21.21	25.93	
<b>Tiempo de operación neto</b>	<b>202.98</b>	<b>209.59</b>	<b>257.43</b>	<b>184.22</b>	<b>234.01</b>	<b>180.19</b>	<b>223.93</b>	
6. Defectos de calidad	5.43	1.74	1.86	0.75	2.10	1.39	2.48	
<b>Tiempo de operación eficaz</b>	<b>197.55</b>	<b>207.85</b>	<b>255.58</b>	<b>183.48</b>	<b>231.91</b>	<b>178.80</b>	<b>221.45</b>	
								<b>PROMEDIO</b>
<b>Disponibilidad</b>	96%	95%	98%	99%	98%	88%	90%	<b>95%</b>
<b>Rendimiento</b>	89%	90%	90%	91%	90%	89%	90%	<b>90%</b>
<b>Tasa de calidad</b>	97%	99%	99%	100%	99%	99%	99%	<b>99%</b>
<b>Efectividad global de la planta</b>	83%	85%	87%	89%	87%	78%	80%	<b>84%</b>

Como se puede observar, el OEE de la planta de Suchitepéquez es de 84% el cual está por debajo del estándar mundial. Así mismo, este valor es menor que el de la planta de Quetzaltenango lo cual se debe a condiciones importantes que cambian entre dichas plantas. Primero, la planta ubicada en Quetzaltenango tiene una línea de producción más automatizada

que la de la planta ubicada en Suchitepéquez. Esto implica una serie de ventajas para la planta de Xela. Por ejemplo, el uso del cemento se optimiza lo cual reduce los costos de producción. Además el personal de producción requerido por la planta es mucho menor. Por otra parte, los costos del material son menores que los de las otras dos plantas de producción.

Gráfico 4. Parámetros de la planta de Suchitepéquez

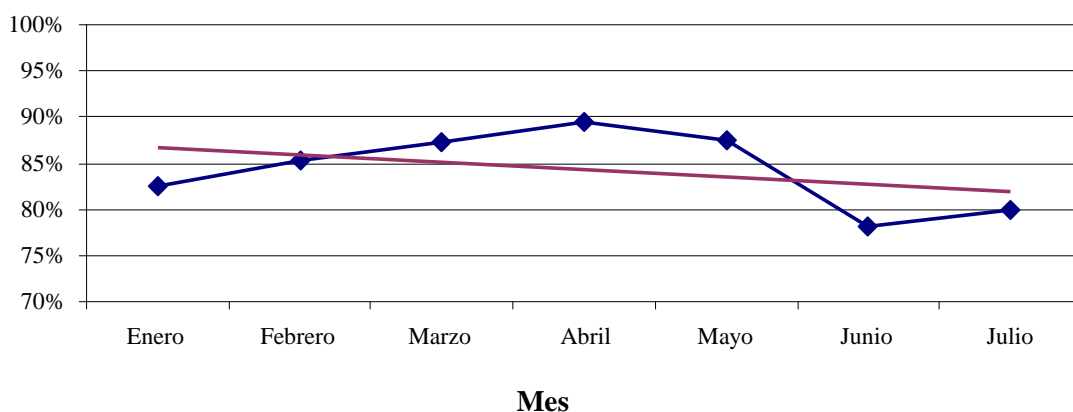


Al igual que en el primer escenario, el parámetro con los mejores porcentajes es la calidad. Ambas plantas (Quetzaltenango y Suchitepéquez) presentan una calidad promedio de 99% durante los primeros siete meses del 2011. Es importante mencionar que durante el mes de abril, la tasa de calidad fue de 99.6% ya que se perdieron solamente 0.75 horas por defectos de calidad o reproceso.

En cuanto a la disponibilidad, el promedio del parámetro de enero a julio fue de 95%. Este valor está por encima del estándar mundial de 90%. La disponibilidad de este escenario se ve influenciada por la cantidad de tiempo perdido en ajustes de producción y fallos de equipo durante los siete meses analizados, que son de 133.38 y 28.66 horas respectivamente. Estos valores son los más bajos de las tres plantas de producción.

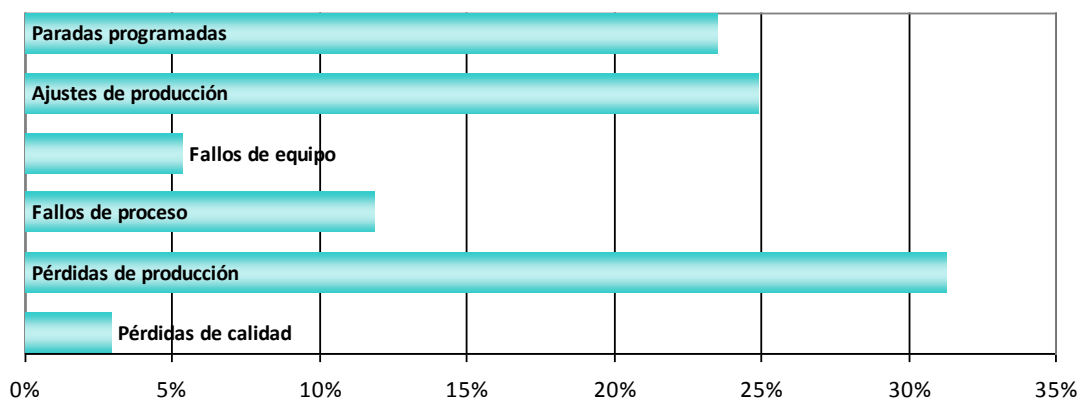
El caso contrario a la disponibilidad es el rendimiento de la planta de Suchitepéquez. Durante el periodo analizado este fue de 90% en promedio, mientras que el estándar mundial es del 95%. El factor principal de este bajo rendimiento es la cantidad de atrasos debidos a pérdidas de producción o concesiones. De los tres escenarios, el de la planta de Suchitepéquez es el que presenta el segundo valor más grande de pérdidas de producción, el cual equivale a 167.55 horas perdidas entre los meses de enero y julio.

Gráfico 5. OEE de la planta de Suchitepéquez



Como se observa en la gráfica, el OEE de la planta de Suchitepéquez aumentó de manera constante durante los primeros 4 meses del 2011. Sin embargo, a partir de mayo el OEE empieza a disminuir hasta llegar a un valor de 78% en junio. Esto se debe a que en este mes los parámetros de disponibilidad y rendimiento llegan a sus valores más bajos, de 88 y 89% respectivamente. En julio el OEE aumenta nuevamente, pero solo a un 80%.

Gráfico 6. Clasificación de las pérdidas de la planta de Suchitepéquez



Los retrasos de la planta de Suchitepéquez están constituidos principalmente por pérdidas de producción las cuales corresponden a un 8.33% del tiempo de producción programado o ideal. Estas pérdidas de producción o concesiones representan un 31.33 % del total de pérdidas de tiempo de producción de la planta.

Los ajustes de producción son el 24.94% del total de retrasos y corresponden principalmente a cambios de molde y ajustes de humedad en la mezcla. Estos retrasos fueron mayores durante los meses de enero marzo y julio (con 26.9, 25.32 y 22.85 horas respectivamente).

El tercer y último escenario es el OEE de la planta de producción ubicada en San Miguel Petapa, para el cual se realizó el mismo procedimiento que en los escenarios anteriores. A continuación se muestra el cálculo del OEE de dicha planta:

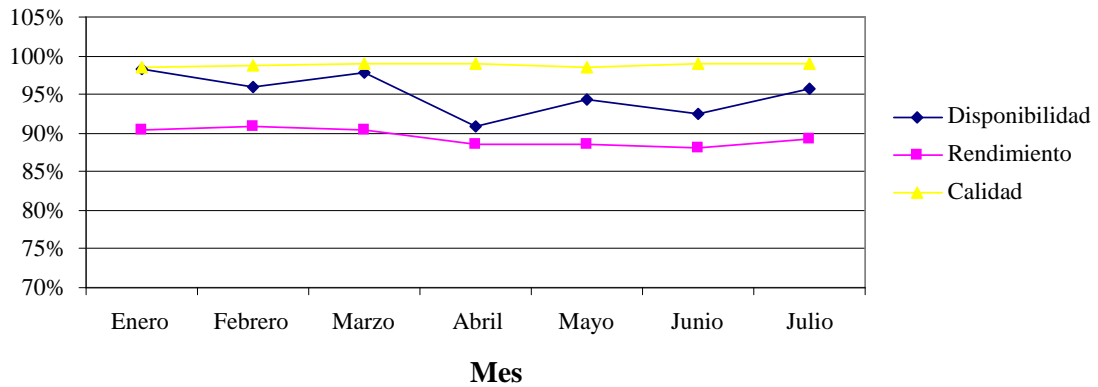
Cuadro 11. OEE de la planta de San Miguel Petapa

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
<b>Tiempo de calendario</b>								
Días programados al mes	31	28	31	30	31	30	31	
Tiempo mensual total trabajado	347.8	475.5	616	441	581	532	397	
1. Paradas programadas (PP)	6.5	18.5	25	15	49.5	45	40.5	
2. Ajustes de producción (RC)	33	7.5	41	70.5	84	81.5	34.5	
<b>Tiempo de producción</b>	<b>308.3</b>	<b>449.5</b>	<b>550</b>	<b>355.5</b>	<b>447.5</b>	<b>405.5</b>	<b>322</b>	
3. Fallos de equipo (PNP)	5.5	17.75	12.5	10	23	26	12	
4. Fallos de proceso (RNC)	0	0.75	0	22.5	2	4.5	1.5	
<b>Tiempo de operación</b>	<b>302.8</b>	<b>431</b>	<b>537.5</b>	<b>323</b>	<b>422.5</b>	<b>375</b>	<b>308.5</b>	
5. Pérdidas de producción	28.97	39.61	51.31	36.74	48.40	44.32	33.07	
<b>Tiempo de operación neto</b>	<b>273.78</b>	<b>391.39</b>	<b>486</b>	<b>286.26</b>	<b>374.10</b>	<b>330.68</b>	<b>275.43</b>	
6. Defectos de calidad	4.10	4.88	5.44	3.02	5.80	3.41	3.12	
<b>Tiempo de operación eficaz</b>	<b>269.68</b>	<b>386.51</b>	<b>480.74</b>	<b>283.24</b>	<b>368.30</b>	<b>327.27</b>	<b>272.31</b>	
								<b>PROMEDIO</b>
<b>Disponibilidad</b>	98%	96%	98%	91%	94%	92%	96%	<b>95%</b>
<b>Rendimiento</b>	90%	91%	90%	89%	89%	88%	89%	<b>89%</b>
<b>Tasa de calidad</b>	99%	99%	99%	99%	98%	99%	99%	<b>99%</b>
<b>Efectividad global de la planta (OEE)</b>	87%	86%	87%	80%	82%	81%	85%	<b>84%</b>

Al igual que en la planta de Suchitepéquez, el OEE de la Planta de San Miguel Petapa es de 84%. Como se mencionó anteriormente, este valor es menor al estándar mundial de 85%.

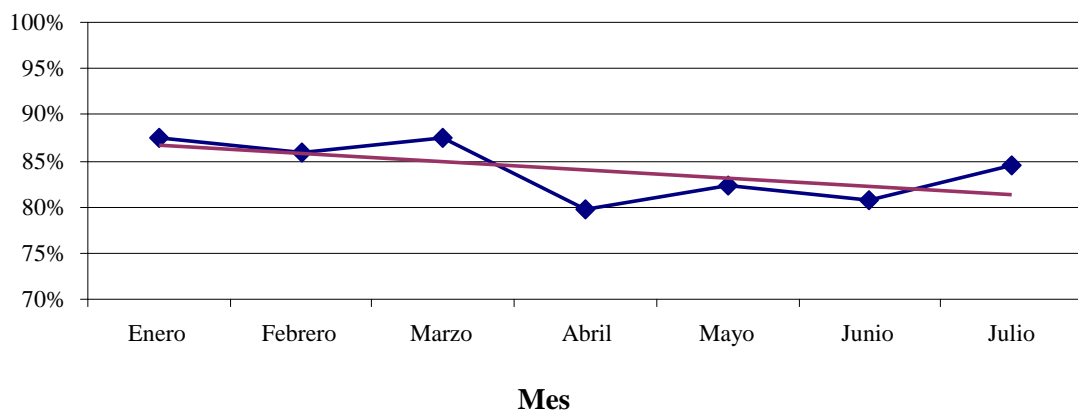
El periodo analizado corresponde a los meses de enero a julio del año 2011, como en los escenarios anteriores.

Gráfico 7. Parámetros de la planta de San Miguel Petapa



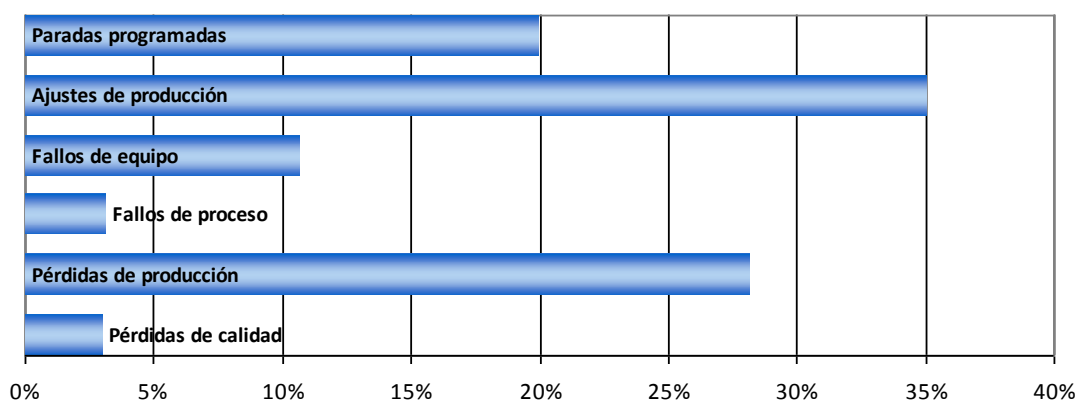
El patrón para los parámetros de disponibilidad, rendimiento y calidad de los escenarios anteriores, se repite en la planta de San Miguel Petapa. La calidad presenta los valores más altos, mientras que el rendimiento es el parámetro con los valores más bajos. Exceptuando al mes de mayo, la calidad de la planta permanece con un valor constante de 99%. El promedio de la disponibilidad es de 95%, valor que supera el 90% del estándar mundial aceptado. Finalmente, el rendimiento promedio del periodo analizado es de 89% el cual está por debajo del estándar mundial que corresponde al 95%.

Gráfico 8. OEE de la planta de San Miguel Petapa



El OEE de la planta de San Miguel Petapa se mantiene estable los primeros tres meses del año, con valores de 87, 86 y 87% respectivamente. Sin embargo, en el mes de abril, este valor cae a un 80%. Esto se debe a que durante este mes, tanto la disponibilidad (91%) como el rendimiento (89%) fueron los más bajos en los 7 meses. El OEE sube dos puntos porcentuales en mayo, pero vuelve a descender a un 81% en junio. El OEE del mes de julio llega a un 85%, el cual es alto pero no tanto como el de los primeros 3 meses del año. Es decir, hasta el momento el OEE de la planta de San Miguel Petapa ha ido en descenso.

Gráfico 9. Clasificación de las pérdidas de la planta de San Miguel Petapa



Al observar la gráfica de la clasificación de las pérdidas en el tiempo de producción de la plantas de San Miguel Petapa, se puede determinar que la mayor cantidad de retrasos corresponden a los ajustes de producción.

Estos son mayores en los meses de abril mayo y junio, con valores que corresponden a 70.5, 84 y 81.5 horas respectivamente. Los retrasos de este tipo durante dichos meses, se debieron principalmente a ajustes en la mezcla, en los moldes y principalmente en la mezcladora.

Los retrasos ocasionados por pérdidas de producción de la planta analizada superan a los retrasos de las otras dos plantas. Para San Miguel Petapa las horas de pérdidas en producción de los 7 meses analizados son 282.41, mientras que para Quetzaltenango son 128.45 y para Suchitepéquez son 167.55.

Por otra parte, las paradas programadas son mucho mayores en este escenario, ya que en San Miguel Petapa éstas corresponden a un total de 200 horas para los siete meses analizados.

Para las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, las paradas programadas son de 101 y 125.92 horas respectivamente.

Se puede observar que los fallos de proceso y pérdidas de calidad son los tiempos más bajos. Las pérdidas por fallos de proceso de la planta de San Miguel Petapa son las más bajas de las tres plantas de producción, y corresponden a un total de 31.25 horas durante los 7 meses analizados.

En resumen, el OEE de la planta de Quetzaltenango es el mayor de las 3 plantas ya que es del 86%; valor que es superior al estándar mundial de 85%. El OEE de las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa es de 84%, el cual está debajo del estándar mundial.

En cuanto a los parámetros del OEE, el mayor de todos fue la calidad con un valor de 99% para las 3 plantas de producción, el cual está por debajo del estándar mundial aceptado de 99.9%. En la planta de Quetzaltenango los valores promedio del rendimiento y la disponibilidad son ambos de 93%. En este caso, la disponibilidad supera al estándar mundial que es 90%, mientras que el rendimiento está por debajo del estándar mundial de 95%.

En la planta de Suchitepéquez, la disponibilidad es de 95% que supera al estándar mundial, y el rendimiento es de 90% que está por debajo del estándar mundial. Por otra parte, en la planta de San Miguel Petapa la disponibilidad es de 95% y supera al estándar mundial de 90%, mientras que el rendimiento es de 89% y está por debajo del estándar mundial de 95%.

Finalmente, los ajustes de producción son la causa principal de las pérdidas de tiempo en el proceso de producción en las plantas de Quetzaltenango (con un valor de 27.58%) y San Miguel Petapa (con un valor de 94.4%). En la planta de Suchitepéquez las pérdidas de producción representan el mayor tiempo perdido en el proceso de producción (con un valor de 31.33%). Por otra parte, las pérdidas de calidad representan el menor porcentaje de pérdidas de tiempo en el proceso de producción, con un valor de 3.83% para la planta de Quetzaltenango, 2.94% para la planta de Suchitepéquez y 2.97% para la planta de San Miguel Petapa.

El OEE es una herramienta de medición sencilla que permite medir la situación actual en un proceso de producción. Esta técnica es fácil de entender y no puede ser manipulada, por lo que es muy eficaz en la toma de decisiones. Por esto, es importante involucrar a los operarios en el cálculo del OEE así como en su mejora.

Al entender la herramienta y sus parámetros, los operarios pueden identificar las pérdidas de tiempo en el proceso productivo así como tendencias positivas y negativas. De esta forma, se puede planificar e implementar acciones correctivas que permitan reducir los retrasos.

Una tendencia se define como la propensión de los datos de una serie de tiempo a aumentar o disminuir durante un periodo de tiempo. El análisis de las tendencias es importante ya que definen el comportamiento de la variable en cuestión, siempre que no haya cambios significativos en su entorno. (<http://www.wordreference.com/definicion/tendencia>)

Una tendencia puede ser estacional, cíclica o aleatoria. Para determinar el comportamiento del OEE de cada una de las plantas de producción se requiere que los cálculos que se muestran en las tablas anteriores se realicen para un período de tiempo de un año o más. Por esto, se recomienda a la empresa continuar con el análisis del OEE con el fin de determinar de forma más precisa el comportamiento que presenta el OEE de cada planta.

Por ejemplo, en el caso de la planta ubicada en Quetzaltenango, el OEE inicia un periodo de crecimiento a partir del mes de mayo. Sin embargo, la información corresponde a los primeros 6 meses del año 2011. De continuar con el análisis, la empresa podría determinar si el crecimiento en el valor del OEE continúa o si por el contrario, comienza a disminuir. El siguiente paso sería identificar las posibles causas e implementar acciones correctivas. De la misma forma podría realizarse un análisis de las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa con datos de enero a diciembre de 2011 y compararlos con su comportamiento en el 2010.

El OEE es una herramienta que permite priorizar las pérdidas de tiempo en el proceso y da lugar a la aplicación de un programa de mejora continua. Además, indica la capacidad real del proceso de producción de cada planta, la cual es parte del modelo de transporte que se explica en el siguiente capítulo.

## **C. Programación lineal**

**1. Modelo de transporte.** Como se especificó en el marco teórico, el modelo de transporte tiene como fin determinar el programa de distribución que minimice el costo total de transportar un artículo desde su fuente hacia su destino, satisfaciendo las restricciones de oferta y demanda. El modelo de transporte realizado en el presente trabajo de graduación presenta 36 escenarios. Estos fueron construidos en base a tres tipos de producto, tres tipos de

transporte y cuatro rutas de distribución para las tres plantas de producción con las que cuenta la empresa actualmente.

Los 3 productos analizados en el modelo son la bovedilla, el block para muro perimetral y el adoquín tradicional. En cuanto a los tipos de transporte, la empresa utiliza tres diferentes. El primero de ellos es el camión con una capacidad de carga de 10 toneladas, lo que equivale a 200 quintales. El segundo es el camión de doble eje, el cual tiene una capacidad de carga de 350 quintales, y el tercero es la plataforma que tiene una capacidad de carga de 500 quintales.

Por otra parte, las fuentes del modelo de transporte son las tres plantas de producción ubicadas en Quetzaltenango, San Miguel Petapa y Suchitepéquez. Como se mencionó anteriormente, cada una de las plantas cuenta con un radio de alcance establecido, el cual está basado solamente en las distancias geográficas existentes entre la planta y el cliente. A continuación se muestra de forma gráfica el radio de alcance actual para cada una de las plantas en el territorio Guatemalteco:

Imagen 4. Radios de alcance de las tres plantas de producción



El área marcada en color azul, representa el radio de alcance para la planta de Quetzaltenango, el área de color verde representa el radio de alcance para la planta de Suchitepéquez y el resto del país corresponde al radio de alcance de la planta de San Miguel Petapa.

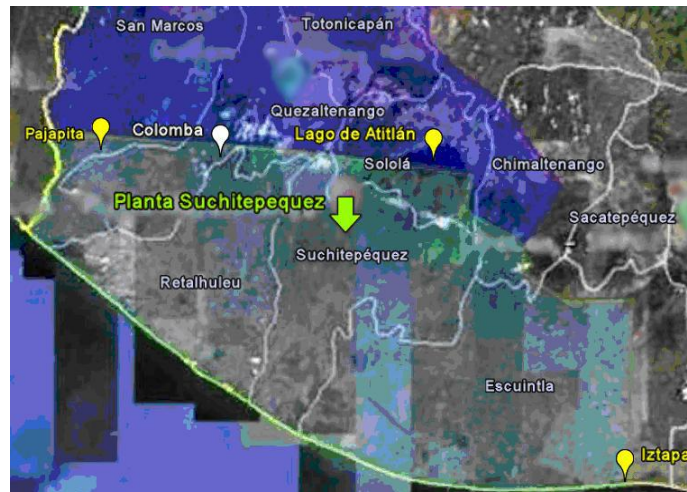
Se puede observar que, actualmente la planta de Quetzaltenango cubre los departamentos completos de Huehuetenango y Totonicapán. Además, cubre la parte norte de los departamentos de San Marcos (hasta antes de Pajapita), Quetzaltenango (hasta antes de Colomba) y Sololá (todos los municipios ubicados en la parte norte del Lago de Atitlán). Finalmente, este radio de alcance cubre el departamento de Quiché (exceptuando el área sureste) y la parte oeste del departamento de Chimaltenango hasta Tecpán. A continuación se muestra una imagen más detallada de este radio de alcance:

Imagen 5. Radio de alcance de la planta de Quetzaltenango



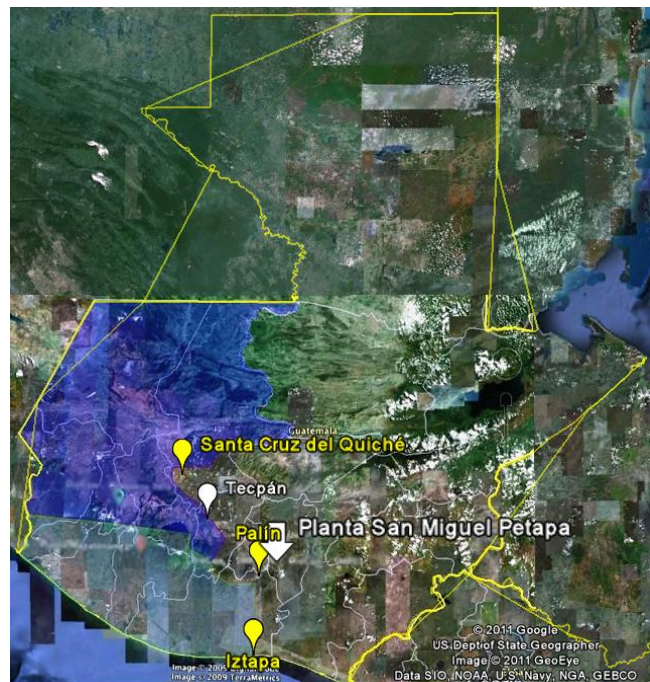
Por otra parte, el radio de alcance de la planta ubicada en Suchitepéquez, abarca los departamentos completos de Suchitepéquez y Retalhuleu así como la parte sur de los departamentos de San Marcos (a partir de Pajapita), Quetzaltenango (a partir de Colomba) y Sololá (todos los municipios ubicados en la parte sur del Lago de Atitlán). En cuanto al departamento de Escuintla, este radio de alcance inicia desde la línea Palín-Iztapa hacia el oeste. La siguiente imagen muestra el radio de alcance previamente descrito:

Imagen 6. Radio de alcance de la planta de Suchitepéquez



El resto del territorio Guatemalteco corresponde al radio de alcance de la planta ubicada en San Miguel Petapa. Este abarca la parte sur del departamento de Quiché (desde Santa Cruz del Quiché), todo el este del departamento de Chimaltenango y toda el área noroeste del departamento de Escuintla (hasta la línea de Palín-Iztapa). Además, este radio de alcance incluye el resto de los departamentos de la república que no están incluidos en los radios de alcance de las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, como se muestra en la siguiente imagen:



Imagen 7. Radio de alcance de la planta de San Miguel Petapa



Sin embargo, como se estableció en los objetivos, la finalidad de este trabajo es determinar nuevos radios de alcance que representen el menor costo para la empresa. Por esto, se construyó un modelo de transporte, el cual incluye no solamente el costo de flete si no que el costo total de llevar el producto al cliente. De esta forma, se determinaron los nuevos radios de alcance en base a la reducción de costos, para cada una de las plantas de producción.

Como primer paso, se determinaron las carreteras principales del país que conectan a las plantas de producción entre sí, así como los puntos de distribución ubicados sobre esas mismas carreteras. Para poder analizar estas rutas y destinos, se utilizaron las herramientas de Google Earth y el mapa de la red vial de Guatemala. Este mapa muestra las carreteras y veredas del país y las identifica utilizando los símbolos mostrados en la siguiente tabla:

Imagen 8. Símbolos del mapa de la red vial de Guatemala

<b>SIGNOS CONVENCIONALES</b>			
CARRETERA PAVIMENTADA		CARRETERAS CENTROAMERICANAS	
CARRETERA NO PAVIMENTADA		CARRETERAS NACIONALES	
VEREDA DE PEATONES		CARRETERAS DEPARTAMENTALES	
		CAMINOS RURALES	
CABECERA DEPARTAMENTAL			
CABECERA MUNICIPAL			
ALDEA, CASERIO			
FINCA O HACIENDA			
ÁREA O PARAJE			
		DEPTO. DE INGENIERIA DE TRANSITO, DPE DIRECCION GENERAL DE CAMINOS	FECHA ACTUALIZACIÓN 2009

FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
 MAPA RED VIAL, EDICIÓN 2000.  
 RED VIAL DE GUATEMALA AÑO 2008  
 DIGITALIZADO Y ACTUALIZADO POR: EDWIN MISAEL CORZO LÓPEZ  
 ENCARGADO TÉCNICO INVENTARIO FÍSICO DE CARRETERAS, DGC.

La primera carretera seleccionada, es la carretera centroamericana conocida como CA-02, la cual conecta las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, así como las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa. La siguiente imagen muestra dicha carretera:

Imagen 9. Carretera CA-02



La segunda es la Carretera Interamericana conocida como CA-04, la cual conecta las plantas de Quetzaltenango y Guatemala.

Imagen 10. Carretera CA-04

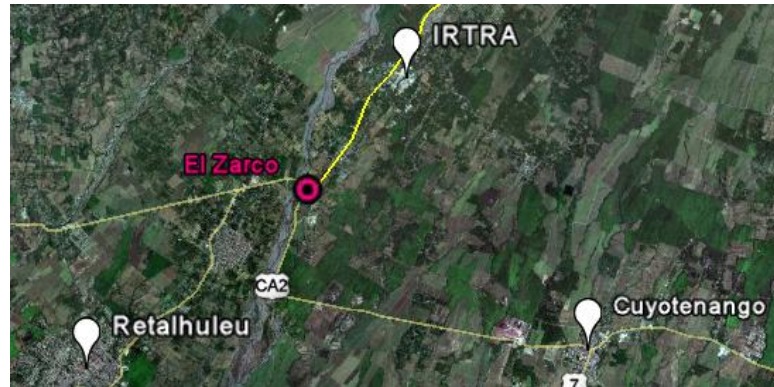


El siguiente paso para la construcción del modelo de transporte, fue determinar las rutas de distribución de los camiones. Estas se identificaron en base a su ubicación estratégica en cada una de las carreteras mencionadas anteriormente. En la carretera CA-02 se determinaron tres rutas para el análisis:

**1. Ruta Quetzaltenango – Suchitepéquez vía El Zarco.** Ésta ruta conecta las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez y cuenta con un punto de intersección importante, el cual se encuentra cerca de la cabecera departamental de Retalhuleu, en el kilómetro 179 de la ruta CA-02. Este lugar se llama El Zarco y está ubicado en el municipio de Santa Cruz Muluá, en

el departamento de Retalhuleu. Dicha intersección deriva en rutas que conducen hacia la cabecera departamental de Retalhuleu (en el kilómetro 190), hacia los Hostales del IRTRA (en el kilómetro 182) y hacia Cuyotenango en el departamento de Suchitepéquez. Esto se muestra en la siguiente imagen satelital:

Imagen 11. Punto de intersección El Zarco



Los destinos ubicados en dicha ruta son los siguientes:

- El Zarco
- San Martín Zapotitlán
- San Felipe (Retalhuleu)
- Santa María de Jesús
- Zunil
- Almolonga
- Cantel

La ruta CA-02 vía El Zarco, así como sus destinos, se muestran en la siguiente imagen satelital y mapa de red vial:

Imagen 12. Imagen satelital de la ruta El Zarco



Imagen 13. Mapa de la red vial de la ruta El Zarco



**2. Ruta Quetzaltenango – Suchitepéquez vía Las Victorias.** Ésta es una ruta alternativa que conecta las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, la cual atraviesa el punto conocido como Las Victorias. Este lugar es la intersección de las rutas que conducen hacia los municipios de Coatepeque (ubicado a 220 kilómetros de la ciudad capital), Colomba (en el kilómetro 213) y Flores Costa Cuca (ubicada a 30.5 kilómetros de Retalhuleu), tal como lo muestra la imagen:

Imagen 14. Punto de intersección Las Victorias



Para obtener los costos de transportar el producto desde las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez en esta ruta, se seleccionaron los siguientes lugares:

- Retalhuleu
- El Asintal
- Las Victorias
- Colomba
- San Martín Sacatepéquez
- Concepción Chiquirichapa

La ruta CA-02 vía Las Victorias, así como sus destinos, se muestran en la siguiente imagen satelital y mapa de red vial:

Imagen 15. Imagen satelital de la ruta Las Victorias



Imagen 16. Mapa de la red vial de la ruta Las Victorias



**3. La ruta Suchitepéquez – San Miguel Petapa vía Río Bravo.** Esta ruta conecta las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa, desde Río Bravo hasta Villa Nueva. Los destinos seleccionados son:

- Río Bravo
- Cocales
- Santa Lucía Cotzumalguapa
- Siquinalá
- Escuintla (peaje)
- Palín
- Amatitlán
- Villa Nueva

La ruta CA-02 vía Río Bravo, así como sus destinos, se muestran en la siguiente imagen satelital y mapa de red vial:

Imagen 17. Imagen satelital de la ruta Río Bravo



Imagen 18. Mapa de la red vial de la ruta Río Bravo



En la Carretera CA-04, se determinó solamente una ruta. Esta es la que conecta a las plantas de Quetzaltenango y San Miguel Petapa a través de los siguientes destinos:

- San Lucas
- Sumpango
- El Tejar
- Chimaltenango
- Zaragoza
- Patzicía
- Tecpán
- Los Encuentros
- Nahualá
- Alaska
- Cuatro Caminos

La Ruta Interamericana, así como sus destinos, se muestran en la siguiente imagen satelital y mapa de red vial:

Imagen 19. Imagen satelital de la ruta Interamericana

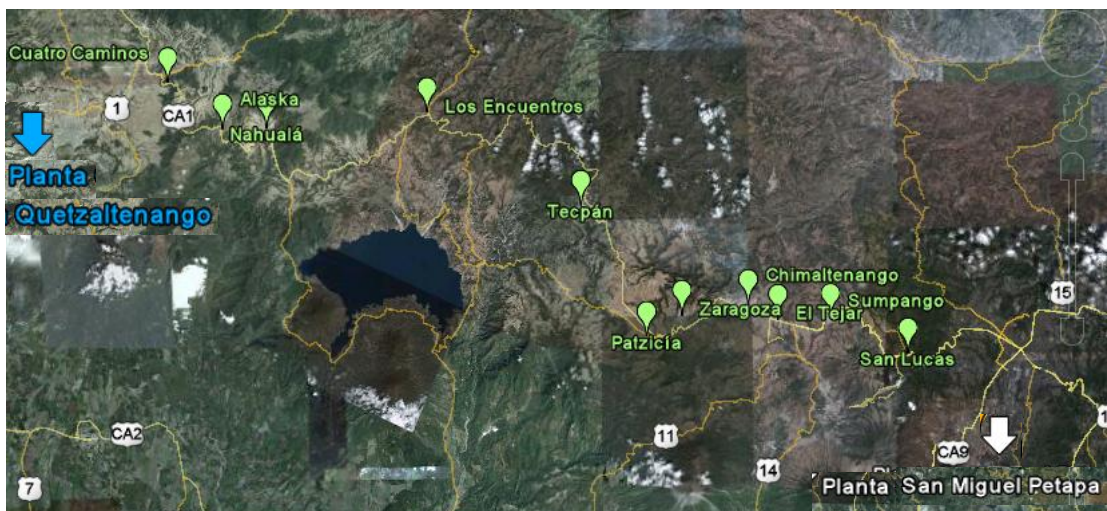


Imagen 20. Mapa de la red vial de la ruta Interamericana



Una vez determinadas las fuentes, los destinos y las rutas que conforman el modelo de transporte, se determinaron los costos unitarios de transporte así como la demanda y la oferta para cada planta de producción, por tipo de producto.

El costo de transportar una unidad es el costo total de llevar el producto al cliente. Este corresponde a la suma del costo de producción y el costo de transporte. El costo de producción es la suma del costo primo unitario, el gasto indirecto de fabricación y el porcentaje de desperdicio. Por su parte, el costo primo unitario se refiere a la sumatoria de los costos de materia prima directa y mano de obra directa. Tanto el gasto indirecto de fabricación, como el desperdicio son un porcentaje del costo primo unitario. A continuación se muestran dichos costos para cada una de las tres plantas, por tipo de producto:

Cuadro 12. Costos de producción de la planta Quetzaltenango

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Costo primo unitario	2.35	4.95	1.55
Gasto indirecto de fabricación	15%	15%	15%
% Desperdicio	3.75%	2.94%	0.57%
<b>Costos de producción</b>	<b>Q2.80</b>	<b>Q5.86</b>	<b>Q1.79</b>

Cuadro 13. Costos de producción de la planta de Suchitepéquez

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Costo primo unitario	2.89	5.36	1.51
Gasto indirecto de fabricación	28%	28%	28%
% Desperdicio	1.69%	4.74%	0.51%
<b>Costos de producción</b>	<b>Q3.76</b>	<b>Q7.19</b>	<b>Q1.94</b>

Cuadro 14. Costos de producción de la planta de San Miguel Petapa

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Costo primo unitario	2.83	5.28	1.52
Gasto indirecto de fabricación	22%	22%	22%
% Desperdicio	1.80%	3.53%	0.97%
<b>Costos de producción</b>	<b>Q3.51</b>	<b>Q6.67</b>	<b>Q1.87</b>

Por otra parte, el costo de transporte se refiere al costo unitario de flete. Es decir, a la división del costo de flete de un camión entre su capacidad de carga (en unidades). Las siguientes tablas muestran las capacidades de carga de cada tipo de producto para cada planta de producción:

Cuadro 15. Capacidades de carga de la planta de Quetzaltenango

<b>Producto</b>	<b>Camión</b>	<b>Doble eje</b>	<b>Plataforma</b>
Bovedilla	480	840	1,200
Block para muro perimetral	250	438	625
Adoquín tradicional	1,000	1,750	2,600

Cuadro 16. Capacidades de carga de la planta de Suchitepéquez

<b>Producto</b>	<b>Camión</b>	<b>Doble eje</b>	<b>Plataforma</b>
Bovedilla	600	1,050	1,500
Block para muro perimetral	250	438	625
Adoquín tradicional	1,000	1,750	2,500

Cuadro 17. Capacidades de carga de la planta de San Miguel Petapa

<b>Producto</b>	<b>Camión</b>	<b>Doble eje</b>	<b>Plataforma</b>
Bovedilla	600	1,050	1,500
Block para muro perimetral	300	525	750
Adoquín tradicional	1,000	1,750	2,500

Finalmente, para construir el modelo de transporte es necesario determinar la demanda de los destinos así como la oferta de las fuentes. En este caso, las ventas mensuales promedio de las plantas de producción equivalen a la demanda de los destinos. Esta información se muestra a continuación:

Cuadro 18. Demanda para la planta de Quetzaltenango

	<b>Tablas</b>	<b>Unidades por tabla</b>	<b>Unidades de demanda total</b>
Bovedilla	782	9	<b>7,038</b>
Block para muro perimetral	1,960	4	<b>7,840</b>
Adoquín tradicional	17,455	8	<b>139,640</b>

Cuadro 19. Demanda para la planta de Suchitepéquez

	<b>Tablas</b>	<b>Unidades por tabla</b>	<b>Unidades de demanda total</b>
Bovedilla	278	9	2,502
Block para muro perimetral	518	4	2,072
Adoquín tradicional	1,119	8	8,952

Cuadro 20. Demanda para la planta de San Miguel Petapa

	<b>Tablas</b>	<b>Unidades por tabla</b>	<b>Unidades de demanda total</b>
Bovedilla	4,853	9	<b>43,677</b>
Block para muro perimetral	5,369	4	<b>21,476</b>
Adoquín tradicional	2,084	8	<b>16,672</b>

En cuanto a la oferta de las fuentes, esta equivale a las capacidades de producción de las tres plantas. Es importante mencionar que dichas capacidades son teóricas, por lo que no reflejan la efectividad real de la planta. Por esto, se multiplicó el valor del OEE calculado previamente para cada planta con el fin de reflejar el impacto que tiene la efectividad del equipo en su capacidad productiva u oferta total. Es decir, la capacidad de la planta de Quetzaltenango se multiplicó por su factor de OEE, el cual es de 86%. Las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa utilizan un OEE del 84%.

Finalmente, se debe tomar en cuenta que la planta ubicada en San Miguel Petapa cuenta con dos líneas de producción, por lo que la suma de sus capacidades equivale a la capacidad total de dicha planta. Las siguientes tablas muestran las capacidades de producción para cada planta, por tipo de producto:

Cuadro 21. Capacidades de la planta de Quetzaltenango

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Tablas x mes	200,000	200,000	200,000
Factor	1	1	1
Tablas x producto x mes	200,000	200,000	200,000
unidades x tabla	9	4	8
Unidades x mes:	1,800,000	800,000	1,600,000
% de OEE	86%	86%	86%
<b>Unidades x mes:</b>	<b>1,548,000</b>	<b>688,000</b>	<b>1,376,000</b>

Cuadro 22. Capacidades de la planta de Suchitepéquez

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Tablas x mes	70,000	70,000	70,000
Factor	1.5	1.5	0.75
Tablas x producto x mes	46,667	46,667	93,333
unidades x tabla	9	4	8
Unidades x mes:	420,000	186,667	746,667
% de OEE	84%	84%	84%
<b>Unidades x mes:</b>	<b>352,800</b>	<b>156,800</b>	<b>627,200</b>

Cuadro 23. Capacidades de la planta de San Miguel Petapa línea de producción 1

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Tablas x mes	70,000	70,000	70,000
Factor	1.5	1.5	0.75
Tablas x producto x mes	46,667	46,667	93,333
unidades x tabla	9	4	8
Unidades x mes:	420,000	186,667	746,667
% de OEE	84%	84%	84%
<b>Unidades x mes:</b>	<b>352,800</b>	<b>156,800</b>	<b>627,200</b>

Cuadro 24. Capacidades de la planta de San Miguel Petapa línea de producción 2

	Bovedilla	Block muro perimetral	Adoquín
Tablas x mes	140,000	140,000	140,000
Factor	1	1	1
Tablas x producto x mes	140,000	140,000	140,000
unidades x tabla	9	4	8
Unidades x mes:	1,260,000	560,000	1,120,000
% de OEE	84%	84%	84%
<b>Unidades x mes:</b>	<b>1,058,400</b>	<b>470,400</b>	<b>940,800</b>

Es importante mencionar que la demanda es mucho menor que la oferta. Es decir, la capacidad sobrepasa por mucho a la demanda de cada planta de producción. Esto se refleja también en el análisis del OEE, en el que se pudo observar que la empresa posee una gran cantidad de retrasos por ajustes de producción debidos a la falta de espacio en el área de inventario de producto terminado.

El caso contrario de la oferta teórica, son los costos de producción. Esto se debe a que los costos primos, gastos indirectos de fabricación y gastos por desperdicio utilizados no son costos teóricos o estándar, si no que son costos reales. Por esto, se concluyó que el impacto del OEE ya está implícito en los mismos.

Finalmente, es importante mencionar que un modelo identifica los aspectos de la realidad que desea representar, y éste se considera útil cuando logra hacerlo de forma precisa. Sin embargo, en la práctica resulta imposible representar todas las relaciones entre las variables

de una forma acertada. Por esto, se considera relevante definir los supuestos del modelo de transporte:

1. En cada planta de producción, se asume el mismo porcentaje de utilización de la maquinaria para cada producto.
2. En cada escenario, se asumió la misma demanda para cada planta de producción y destino analizado.

Con la información anterior, se procedió a construir las 36 tablas de transporte correspondientes a los 36 escenarios descritos anteriormente. Estas tablas se clasificaron por ruta, tipo de transporte y tipo de producto. A continuación se muestra un resumen de los escenarios:

Cuadro 25. Resumen de los 36 escenarios del modelo de transporte

	Carretera CA-02			Carretera CA-04
	Ruta de Xela a Suchitepéquez vía El Zarco	Ruta de Xela a Suchitepéquez vía Las Victorias	Ruta de Suchitepéquez a Guatemala vía Río Bravo	Ruta de Xela a Guatemala
<b>Bovedilla</b>	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)
<b>Block para muro perimetral</b>	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)
<b>Adoquín</b>	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)	Camión (200 qq) Doble eje (350 qq) Plataforma (500 qq)

Por ejemplo, la tabla de transporte correspondiente al escenario 1 de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez (CA-02 vía El Zarco), para el camión de 10 toneladas y para el producto de bovedilla, se muestra a continuación:

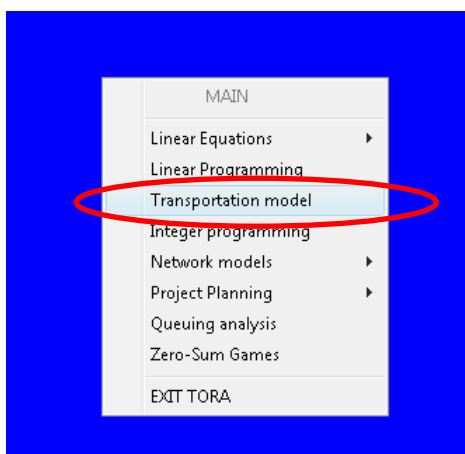
Cuadro 26. Tabla de transporte del escenario 1

Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
					Q 730	Q 702	Q 676	Q 556	Q 364	Q 333	Q 343
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 4.32	Q 4.27	Q 4.21	Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.68	Q 4.89	Q 4.94	Q 4.93

Cada fila indica el tipo de transporte utilizado, el producto transportado, la capacidad de carga (en unidades) y el costo de producción unitario por planta. Luego se indica el costo unitario del flete hacia cada destino, también por planta.

Para resolver los 36 escenarios del modelo de transporte, se utilizó el programa TORA. A continuación se muestra la imagen del menú principal, en el cual se selecciona la opción del modelo de transporte:

Imagen 21. Pantalla del menú principal del programa TORA



Luego, el programa despliega la pantalla de modo de ingreso en la que se muestra el formato decimal predeterminado así como la opción de ingresar nuevos datos o trabajar sobre un archivo ya existente:

Imagen 22. Pantalla de modo de ingreso del programa TORA

Después, el programa despliega la pantalla de ingreso de datos en la cual se debe indicar el número de fuentes, que en este caso son solamente dos: Quetzaltenango y Suchitepéquez. De la misma manera, se debe indicar el número de destinos. En este caso los destinos reales son 7. Sin embargo, se agrega un destino ficticio el cual corresponde al exceso de oferta de las fuentes:

Imagen 23. Tabla de transporte del escenario 1 en TORA

TRANSPORTATION MODEL										
Problem Title: Escenario 1										
No. of Sources: 2										
No. of Dest'ns: 8										
INPUT GRID - TRANSPORTATION										
	S/D Name	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	Supply
S1	Xela	4.32	4.27	4.21	3.96	3.56	3.50	3.52	0.00	1548000
S2	Suchitepequi	4.50	4.50	4.50	4.68	4.89	4.94	4.93	0.00	352800
Demand		9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	1834020	

La oferta de las dos fuentes se ingresa debajo de la columna "Supply" y la demanda de los destinos se ingresa en la última fila "Demand". En este caso, la oferta es 28.46 veces mayor a la demanda, es decir, la demanda representa un 3.51% de la oferta. Este exceso de oferta se coloca como demanda del destino ficticio:

Imagen 24. Tabla de transporte del escenario 1 en TORA (2)

**TRANSPORTATION MODEL**

Problem Title: **Escenario 1**

No. of Sources: **2**

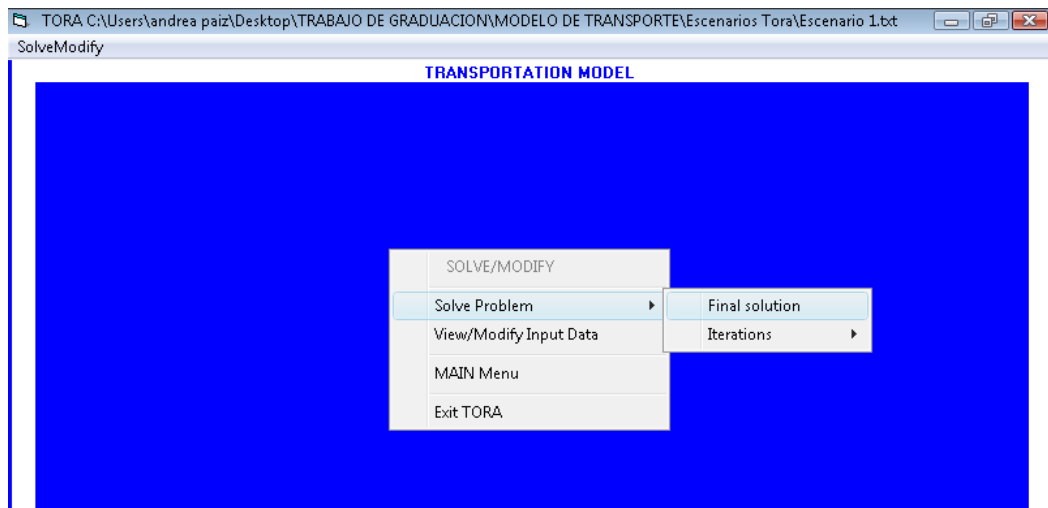
No. of Dest'ns: **8**

**INPUT GRID - TRANSPORTATION**

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	Supply
	S/D Name	El Zarco	n Zapotitlán	San Felipe	ía de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel	Fictic.	
S1	Xela	4.32	4.27	4.21	3.96	3.56	3.50	3.52	0.00	1548000
S2	Suchitepeq	4.50	4.50	4.50	4.68	4.89	4.94	4.93	0.00	352800
	Demand	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	1834020	

Al completar el ingreso de datos en la pantalla, se selecciona la opción de “Solve Menu”. En este momento, el programa despliega el menú Solve / Modify, el cual da la opción de obtener la solución final o regresar a la pantalla de ingreso de datos para hacer cambios, si así se desea. Para obtener la solución final se selecciona la opción “Solve Problem” y luego “Final Solution”, tal como lo muestra la siguiente imagen:

Imagen 25. Pantalla Solve / Modify del programa TORA



Finalmente, el programa despliega el tablero con la solución óptima. A continuación se muestra la solución del primer escenario:

Imagen 26. Solución del escenario 1 en TORA

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 1  
 Final Iteration No.: 8  
 Objective Value (minimum cost) = 260823.60

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D1: El Zarco	9540	4.32	41212.80
S1: Xela	D2: San Martín Zapotlán	9540	4.27	40735.80
S1: Xela	D3: San Felipe	9540	4.21	40163.40
S1: Xela	D4: Santa María de Jesús	9540	3.96	37778.40
S1: Xela	D5: Zunil	9540	3.56	33962.40
S1: Xela	D6: Almolonga	9540	3.50	33390.00
S1: Xela	D7: Cantel	9540	3.52	33580.80
S1: Xela	D8: Ficticio	1481220	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	352800	0.00	0.00

Como se puede observar, para las condiciones en las que las plantas de Quetzaltenango y Suchitepequeú utilizan un camión de 10 toneladas para distribuir bovedilla, viajando por la carretera CA-02 vía El Zarco, el costo mínimo se obtendrá transportando el producto desde la planta de Quetzaltenango hacia todos los destinos de la ruta. Este costo mínimo de transporte se observa en la parte superior izquierda del tablero y para el escenario No. 1 es de Q 260, 823.60. A continuación se muestra la imagen de los puntos del primer escenario, para los cuales resulta más barato abastecer desde la planta de Xela:

Imagen 27. Imagen de la solución del escenario 1



Los resultados obtenidos mediante el modelo de transporte permitieron la determinación del plan de distribución óptimo para cada uno de los escenarios. En la sección de apéndices se pueden encontrar las 36 tablas de transporte para cada uno de los escenarios, así como las tablas solución en TORA y las imágenes de las rutas óptimas en Google Earth.

Las rutas de El Zarco y Las Victorias, ubicadas en la carretera CA-02 y que conectan a las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, muestran como resultado un radio de alcance mayor para la planta de Xela. Esto se debe a que los costos totales de entregar el producto al cliente de dicha planta son menores.

En la ruta de Río Bravo, ubicada en la carretera CA-02, el radio de alcance de la planta de producción de San Miguel Petapa es mayor que el de la planta de Suchitepéquez, en el caso del block para muro perimetral cuando se transporta mediante camiones de 10 toneladas y camiones de doble eje, y en el caso de la bovedilla cuando es transportada usando camiones de doble eje solamente. Esta situación se debe a que los costos de entregar el producto al cliente de la planta de San Miguel Petapa, son más bajos para dichos escenarios.

El radio de alcance de la planta de producción de Quetzaltenango es mayor que el de la planta de San Miguel Petapa en la Carretera CA-04. Esto se debe a que los costos de entregar el producto al cliente son menores en la planta de Guatemala.

Mediante el modelo de transporte se determinaron los radios de alcance óptimos para cada una de las tres plantas de producción, por tipo de producto y por tipo de transporte. El resultado minimiza el costo total de entregar el producto al cliente. Este costo toma en cuenta tanto la efectividad global del equipo de producción calculada mediante la técnica del OEE, como el porcentaje de desperdicio de cada una de las plantas.

## **D. Análisis de costos**

**1. Análisis de sensibilidad.** El análisis de sensibilidad tiene como fin determinar los cambios que pueda tener la solución óptima (determinada en el modelo de transporte), al modificar los gastos indirectos de fabricación.

Tanto el costo del flete como el costo primo unitario, no varían en el tiempo. En cuanto al porcentaje de desperdicio, éste regularmente se mantiene constante. El único costo que cambia a través del tiempo es el gasto indirecto de fabricación, el cual depende del nivel de

producción de la planta. Por esto, se decidió basar el presente análisis de sensibilidad en los posibles cambios en dicho rubro.

Los escenarios para el análisis de sensibilidad se escogieron en base a las diferencias más pequeñas entre los costos de las plantas de producción. Por ejemplo, en el modelo de transporte se puede observar que para la ruta 1, en el caso en que el adoquín es transportado por el camión de 10 toneladas, la diferencia de costos entre la planta de Quetzaltenango y la de Suchitepéquez es muy pequeña. Esta varía entre Q 0.08 y Q 0.52:

Cuadro 27. Destinos de la ruta 1

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
<b>Planta</b>	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Xela	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.47	Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14
Suchi	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64

De la misma forma, se escogieron los escenarios siguientes:

- Ruta 1: Los tres escenarios en el que el adoquín se transporta utilizando el camión de 10 toneladas, el camión de doble eje y la plataforma
- Ruta 2: El escenario en el que el adoquín es transportado mediante el camión de doble eje.
- Ruta 3: Los tres escenarios en los que la bovedilla, el block para muro perimetral y el adoquín, son transportados utilizando el camión de doble eje.

Se debe mencionar que para la ruta 4, las diferencias en los costos de las plantas de producción llegan a ser mayores a Q 1.00, por lo que un cambio en el gasto indirecto de fabricación no sería significativo y no cambiaría la solución óptima.

La ruta 1 es la que conecta a las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez mediante la carretera CA-02, vía El Zarco. El primer escenario de esta ruta establece que el adoquín se transporta a los destinos correspondientes mediante el camión de 10 toneladas. La columna en el extremo izquierdo indica la variación en los porcentajes del gasto indirecto de fabricación. En este caso, el porcentaje que varía es el de la planta de Quetzaltenango.

Seguido de esto, debajo de cada destino se pueden observar los costos totales. El primer renglón corresponde a los costos de la planta de Quetzaltenango y el segundo renglón corresponde a los costos de la planta de Suchitepéquez. A continuación se muestra dicho escenario:

Cuadro 28. Escenario 1 del análisis de sensibilidad

Ruta 1: Xela - Suchi Vía El Zarco							
<u>Adoquín y Camión de 10 ton.</u>							
Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Xela							
Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.			
Adoquín Xela	1.55	15%	0.57%	Q1.79			
Adoquín Suchi	1.51	28%	0.51%	Q1.94			
	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Flete desde Suchi	Q 445.83	Q 445.83	Q 445.83	Q 550.00	Q 680.00	Q 710.00	Q 700.00
Capacidad Transporte Xela	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacidad Transporte Suchi	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9%	Q 2.43	Q 2.40	Q 2.38	Q 2.26	Q 2.06	Q 2.03	Q 2.04
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
11%	Q 2.46	Q 2.43	Q 2.41	Q 2.29	Q 2.09	Q 2.06	Q 2.07
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
13%	Q 2.49	Q 2.46	Q 2.44	Q 2.32	Q 2.13	Q 2.09	Q 2.10
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
15%	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.47	Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
17%	Q 2.55	Q 2.53	Q 2.50	Q 2.38	Q 2.19	Q 2.16	Q 2.17
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
19%	Q 2.59	Q 2.56	Q 2.53	Q 2.41	Q 2.22	Q 2.19	Q 2.20
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
21%	Q 2.62	Q 2.59	Q 2.56	Q 2.44	Q 2.25	Q 2.22	Q 2.23
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64

Luego, se determinó, de forma gráfica, el resultado de los cambios en el gasto indirecto de fabricación:

Cuadro 29. Escenario 1 del análisis de sensibilidad (2)

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Flete desde Suchi	Q 445.83	Q 445.83	Q 445.83	Q 550.00	Q 680.00	Q 710.00	Q 700.00
Capacidad Transporte Xela	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacidad Transporte Suchi	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela	Xela
11%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
13%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
15%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
17%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
19%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
21%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela

Se puede observar que el caso de que el gasto indirecto de fabricación de la planta de Quetzaltenango disminuya de un 15% a un 9%, su radio de alcance le permitirá llegar hasta San Felipe. Por otra parte, la planta de Suchitepéquez llegaría solamente hasta El Zarco y San Martín Zapotitlán.

Finalmente, se determinó el ahorro que se logra en dicha ruta cuando el gasto indirecto de la planta de Quetzaltenango baja de 15% hasta 9%. Como primer paso, se determinó el costo promedio para cada caso. Luego, este costo se multiplicó por las ventas estimadas durante los primeros 7 meses del año para obtener el costo total. La tabla con los resultados se muestra a continuación:

Cuadro 30. Ahorro en el escenario 1

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel	Costo Promedio	Ventas	Costo Total
9%	Q 2.43	Q 2.40	Q 2.38	Q 2.26	Q 2.06	Q 2.03	Q 2.04	Q 2.10	97,748.00	Q 205,088.03
15%	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.47	Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748.00	Q 214,230.41

Por último, se calculó el ahorro de la siguiente forma:

$$1 - (Q 205,088.03 / Q 214, 230.41) = 0.04267 = 4.27 \%$$

Entonces, se puede concluir que cuando se transporta adoquín con un camión de 10 toneladas desde la planta de Quetzaltenango, y el cambio en el gasto indirecto de fabricación de dicha planta es una reducción de un 15% a un 9%, la empresa tendría un ahorro del 4.27% (Q 9,142.38). Además que sus costos totales le permitirían llegar a un nuevo destino, que en este caso es el municipio de San Felipe.

El mismo procedimiento se realizó para cada uno de los 7 escenarios determinados anteriormente en este capítulo. El análisis de sensibilidad para cada uno de estos, se muestra en la sección de apéndices.

Los resultados para la ruta 1 muestran que en el escenario de adoquín y camión de doble eje, aunque se variaron los gastos indirectos de fabricación, no se obtuvieron cambios en la ruta de distribución óptima. En el caso de la ruta 1, para el escenario de adoquín y plataforma con una disminución del gasto indirecto de fabricación de la planta de Quetzaltenango de un 15% a un 9%, la empresa tendría un ahorro en costo total del 4.31% (Q 9,142.38). Además,

podría llegar a 3 nuevos destinos los cuales son los municipios de San Felipe, San Martín Zapotitlán y El Zarco.

El siguiente escenario corresponde a la ruta 2. Este es el escenario de adoquín y camión de doble eje con una disminución del gasto indirecto de fabricación de la planta de Suchitepéquez de un 28% a un 20%. En estas condiciones, la empresa tendría un ahorro en costo total del 4.92% (Q 369.78). Además, podría llegar hasta el punto conocido como Las Victorias.

El último grupo de escenarios corresponde a la ruta 3. En el escenario de bovedilla y camión de doble eje con una disminución del gasto indirecto de fabricación de la planta de Suchitepéquez de un 28% a un 20%, la empresa tendría un ahorro en costo total del 6.48% (Q 347.61). Además, podría llegar a un nuevo destino el cual es el municipio de Siquinalá.

Para la ruta 3, en el escenario de block para muro perimetral y camión de doble eje con una disminución del gasto indirecto de fabricación de la planta de Suchitepéquez de un 28% a un 20%, la empresa tendría un ahorro en costo total del 5.73% (Q 1,071.64). Además, podría llegar a un nuevo destino el cual es el municipio de Siquinalá. Finalmente, para la ruta 3 en el escenario de adoquín y camión de doble eje, no se obtuvieron cambios aun después de variar los gastos indirectos de fabricación de la planta de Suchitepéquez.

## **E. Análisis de decisiones**

**1. Árbol de decisiones.** La primera fase de la construcción de los árboles de decisión se basó en los puntos de intersección de las carreteras analizadas en el modelo de transporte. Estos son:

- El Zarco
- Las Victorias

El árbol de decisión se construyó partiendo de la decisión de transportar un determinado tipo de producto a estos destinos. De este nodo de decisión se derivan dos posibles opciones, las cuales representan cada una de las plantas de producción. Cada planta representa un nodo de incertidumbre, del cual se derivan tres posibles consecuencias. Estas corresponden a los

tres tipos de transporte que son el camión de 10 toneladas, el camión de doble eje y la plataforma.

Luego, se estableció la probabilidad de cada resultado, en base al porcentaje de utilización de cada tipo de transporte. Estos porcentajes fueron proporcionados por la empresa e indican la frecuencia con la que se utiliza cada tipo de camión para entregar el producto. Dichos datos se muestran a continuación:

Cuadro 31. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de Quetzaltenango

<b>Tipo de transporte</b>	<b>Porcentaje de utilización en despachos</b>
Camión de 10 toneladas	67%
Camión de doble eje	15%
Plataforma	18%

Cuadro 32. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de Suchitepéquez

<b>Tipo de transporte</b>	<b>Porcentaje de utilización en despachos</b>
Camión de 10 toneladas	84%
Camión de doble eje	8%
Plataforma	8%

Cuadro 33. Probabilidades por tipo de transporte para la planta de San Miguel Petapa

<b>Tipo de transporte</b>	<b>Porcentaje de utilización en despachos</b>
Camión de 10 toneladas	80%
Camión de doble eje	8%
Plataforma	12%

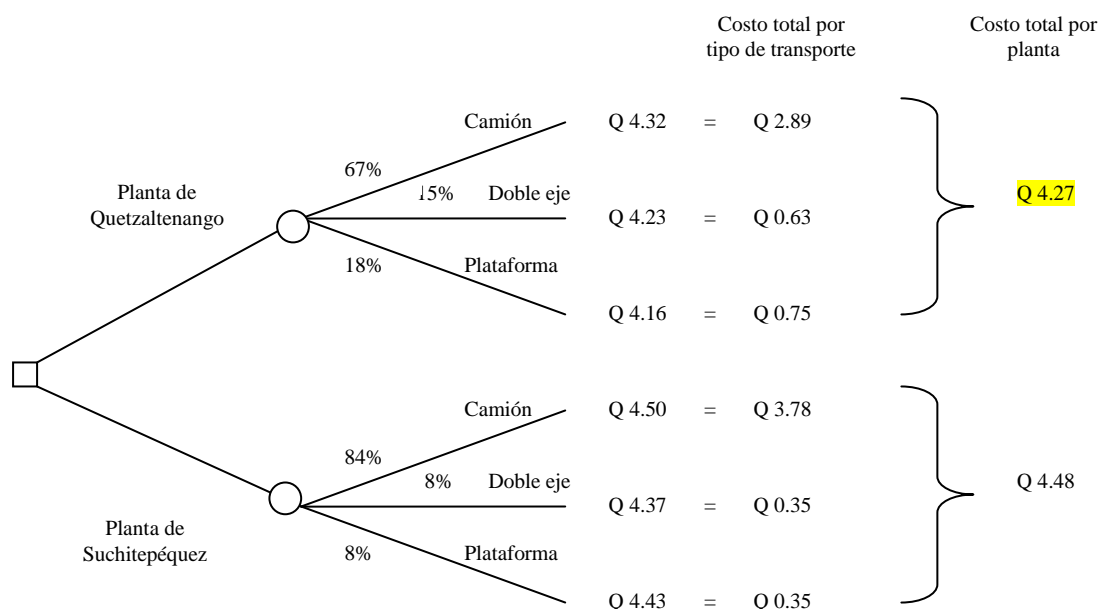
Luego de evaluar la probabilidad de cada resultado, se determinó el costo de cada uno. Este costo es el costo total de entrega del producto al cliente, el cual se calculó previamente en el modelo de transporte para cada planta de producción, por tipo de producto y por tipo de

transporte. Finalmente se calcularon los costos totales de cada una de las dos opciones iniciales y se determinó la mejor para cada caso.

Por ejemplo, para el destino conocido como El Zarco se debe decidir si es más barato enviar bovedilla desde la planta de producción de Quetzaltenango o desde la planta de producción de Suchitepéquez. A continuación se muestra el árbol decisión para la situación planteada:

Imagen 28. Árbol de decisión 1

¿Se debería transportar bovedilla hacia El Zarco desde Quetzaltenango o desde Suchitepéquez?



En este caso, la mejor opción para llevar bovedilla hasta El Zarco es hacerlo desde la planta de producción ubicada en Quetzaltenango. Esto se debe a que la suma de los costos de los tres posibles resultados es menor para dicha opción, con un total de Q 4.27.

Sin embargo, se debe mencionar que los costos individuales por tipo de transporte no son siempre menores para la planta de Xela. Se puede observar que los costos totales utilizando el camión de 10 toneladas son menores en Quetzaltenango ya que son de Q 2.89, mientras que los de Suchitepéquez son de Q 3.78. Por otra parte, los costos totales utilizando el camión de doble eje o plataforma, son menores en la planta de Suchitepéquez. Ambos son de Q 0.35,

mientras que en Xela el costo para el camión de doble eje es de Q 0.63 y el de la plataforma es de Q 0.75.

La finalidad del análisis de los árboles de decisión es determinar la planta de producción para la cual resulta más barato transportar un determinado producto a un destino específico. Esto se identifica observando los costos finales para cada planta. Sin embargo, este análisis también tiene como objetivo respaldar los resultados obtenidos en el modelo de transporte. Para esto, los costos que deben observarse incluyen los costos totales para cada tipo de transporte así como el costo total por planta.

En la segunda fase de la construcción de los árboles de decisión, se analizaron los puntos frontera entre las plantas de producción obtenidos en el modelo de transporte. Es decir, los puntos en los que termina el radio de alcance de una de las plantas e inicia el radio de alcance de la siguiente. En otras palabras, son los puntos en los que la planta de producción deja de ser óptima y da lugar a la otra.

Para los radios de alcance de las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez se escogieron los puntos frontera de San Felipe y Santa María de Jesús, así como El Asintal y Las Victorias. En cuanto a los radios de alcance de las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa se analizaron los puntos frontera de Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá y Escuintla. Finalmente los puntos frontera determinados para los radios de alcance de las plantas de Quetzaltenango y San Miguel Petapa son Los Encuentros y Tecpán respectivamente.

En la segunda fase se realizó el mismo procedimiento que en la primera para determinar las opciones con los costos menores. En total se realizaron 11 árboles de decisión, los cuales se muestran en la sección de anexos.

Mediante la elaboración de los árboles de decisión de los destinos indicados en este capítulo, se obtuvieron las rutas óptimas que presentan los menores costos para la empresa. Los resultados coinciden con las rutas óptimas obtenidas en el modelo de transporte, las cuales minimizan el costo de entregar el producto al cliente.

**2. Ingeniería de valor.** Como primer paso se determinaron los criterios de decisión que son importantes para la empresa al momento de tomar la decisión final. Esta corresponde a la posible implementación del nuevo plan de distribución en base a los radios de alcance óptimos determinados a lo largo de las etapas anteriores de este trabajo. Dichos criterios son:

- El costo
- La capacidad de respuesta
- La calidad

En cuanto a las posibles alternativas, se determinaron únicamente dos:

- Continuar con el plan de distribución actual.
- Implementar el plan de distribución óptimo.

A continuación se muestra la ponderación de los criterios importantes de decisión:

Cuadro 34. Ponderación de criterios de decisión

<b>Criterio</b>	<b>Ponderación</b>
Costo (eficiencia)	10
Capacidad de respuesta	8
Calidad	9

Seguido de esto, se evaluaron las alternativas con base en su cumplimiento con los criterios anteriores:

Cuadro 35. Evaluación de las alternativas

<b>Alternativa</b>	Costo (eficiencia)	Capacidad de respuesta	Calidad
Continuar con el plan de distribución actual	5	9	9
Implementar el plan de distribución óptimo	10	7	9

Finalmente se ponderó cada una de las alternativas, multiplicando los valores de las tablas anteriores:

Cuadro 36. Ponderación de alternativas

<b>Alternativa</b>	Costo (eficiencia)	Capacidad de respuesta	Calidad	<b>Total</b>
Continuar con el plan de distribución actual	50	72	81	<b>203</b>
Implementar el plan de distribución óptimo	100	63	81	<b>244</b>

Como se puede observar, la mejor alternativa es la de implementar el plan de distribución óptimo con base en la reducción del costo total de entregar el producto al cliente, ya que presenta el puntaje más alto.

Mediante la ingeniería de valor, se determinó que la mejor opción para la empresa es implementar el nuevo plan de distribución óptimo ya que aumenta el valor de los criterios de costo y calidad. Es decir, se debe optar por la ejecución del modelo ya que éste disminuye el costo al mismo tiempo que mantiene la calidad. A pesar de que la capacidad de respuesta se ve disminuida, se recomienda a la empresa que continúe dando importancia a la planificación de los despachos para evitar reclamos por atrasos.

## **F. Modelo**

Una vez determinados los escenarios óptimos de distribución, se puede construir el modelo que represente de forma global los radios de alcance óptimos de cada una de las plantas de producción. Este modelo se construyó con base en la reducción de los costos totales de entregar el producto al cliente, por tipo de producto y transporte.

El modelo consta de cuatro tablas las cuales corresponden a cada una de las rutas determinadas en el modelo de transporte. Para cada una de estas tablas, se indica la planta de producción que debe abastecer a cada destino dependiendo del producto que se debe despachar y del tipo de transporte que se utiliza para hacerlo. El modelo completo se muestra a continuación:



La tabla anterior muestra el radio de alcance óptimo para la ruta 2. Se puede observar que para transportar los tres productos hacia Retalhuleu y El Asintal, utilizando el camión de 10 toneladas y el camión de doble eje, la mejor opción es realizarlo desde la planta de producción de Suchitepéquez. Para el resto de destinos, la mejor opción es transportar los tres tipos de producto, ya sea con camión de toneladas o camión de doble eje, desde la planta de Quetzaltenango.

En este caso, la plataforma no se utiliza para ninguno de los destinos, por lo que no forma parte de los radios de alcance óptimos.

Cuadro 39. Radio de alcance óptimo para la ruta 3: Suchitepéquez - Guatemala vía Río Bravo

		Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Producto	Planta de Producción							
Camión 200 qq	Bovedilla	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Block para muro perimetral	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Adoquín	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
Doble eje 350 qq	Bovedilla	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Block para muro perimetral	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Adoquín	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
Plataforma 500 qq	Bovedilla	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Block para muro perimetral	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE
	Adoquín	SUCHI	SUCHI	SUCHI	SUCHI	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE

Para los destinos desde Río Bravo hasta Siquinalá, el radio de alcance óptimo indica que la planta de Suchitepéquez debe ser el punto de partida para transportar bovedilla con camiones de 10 toneladas y plataformas, así como block para muro perimetral con plataformas y adoquín con los tres tipos de transporte.

El radio de alcance de la planta de Suchitepéquez también incluye los destinos desde Río Bravo hasta Santa Lucía Cotzumalguapa para los tres tipos de producto utilizando los tres tipos de transporte.

En cuanto al radio de alcance de la planta de producción ubicada en San Miguel Petapa, este abarca los destinos desde Escuintla hasta Villa Nueva cuando se requiera abastecerles de cualquiera de los tres tipos de producto con cualquiera de los tres tipos de transporte.

Finalmente, el radio de alcance de la planta de San Miguel Petapa también incluye el destino de Siquinalá, bajo las condiciones en que se requiera transportar block para muro perimetral utilizando camiones de 10 toneladas o de doble eje, así como bovedilla utilizando camiones de doble eje solamente.

Cuadro 40. Radio de alcance óptimo para la ruta 4

		San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltanango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Cuatro Caminos	Alaska
Transporte	Producto	Planta de Producción										
Camión 200 qq	Bovedilla	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Block paramuro perimetral	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Adoquin	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
Doble eje 350 qq	Bovedilla	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Block paramuro perimetral	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Adoquin	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
Plataforma 500 qq	Bovedilla	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Block paramuro perimetral	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA
	Adoquin	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	GUATE	XELA	XELA	XELA	XELA

La tabla anterior muestra los radios de alcance óptimos para la ruta 4. Para la planta de Guatemala, este abarca los destinos desde San Lucas hasta Tecpán, bajo las condiciones en que se requiera transportar cualquiera de los tres productos mediante cualquier tipo de transporte.

Para la planta de Suchitepéquez, el radio de alcance óptimo incluye los destinos desde Los Encuentros hasta Cuatro Caminos. Esto aplica para los tres productos así como para los tres tipos de transporte.

## G. Simulaciones

Como se estableció en los objetivos específicos, el siguiente paso en el presente trabajo es determinar la factibilidad del modelo que se ha construido en las etapas anteriores. El modelo representa los radios de alcance óptimos de las plantas de producción para los tipos de

producto y transporte analizados. Por esto, la factibilidad del mismo se determinó mediante un análisis comparativo de los costos totales de la empresa utilizando datos históricos.

Las simulaciones se realizaron utilizando datos históricos de las ventas de los tres tipos de producto para las tres plantas de producción. Esta información abarca los meses de enero a julio de 2011. Las ventas totales por tipo de producto están dadas en unidades, mientras que la participación de cada región geográfica esta dada como un porcentaje de las ventas totales. El resumen de esta información se muestra en las siguientes tablas:

Cuadro 41. Datos históricos de las ventas de la planta de Quetzaltenango I

	Ventas de enero a julio (en unidades)	Porcentaje de participación por región		
		Región 1	Región 2	Región 3
Bovedilla	49,266	10%	15%	5%
Block para muro perimetral	54,880	10%	15%	5%
Adoquín tradicional	97,7480	10%	15%	10%

Cuadro 42. Datos históricos de las ventas de la planta de Suchitepéquez I

	Ventas de enero a julio (en unidades)	Porcentaje de participación por región		
		Región 1	Región 2	Región 3
Bovedilla	17,514	6%	7%	7%
Block para muro perimetral	14,504	10%	15%	15%
Adoquín tradicional	62,664	10%	5%	5%

Cuadro 43. Datos históricos de las ventas de la planta de San Miguel Petapa I

	Ventas de enero a julio (en unidades)	Porcentaje de participación por región	
		Región 1	Región 2
Bovedilla	305,739	12%	23%
Block muro perimetral	150,332	15%	15%
Adoquín tradicional	116,704	10%	20%

Luego, cada uno de estos porcentajes de participación se multiplico por las unidades vendidas en los primeros siete meses del año, para obtener las unidades vendidas en cada región, tal como se muestra a continuación:

Cuadro 44. Datos históricos de las ventas de la planta de Quetzaltenango II

	Ventas de Enero a Julio (en unidades)		
	Región 1	Región 2	Región 3
Bovedilla	4,927	7,390	2,463
Block muro perimetral	5,488	8,232	2,744
Adoquín tradicional	97,748	146,622	97,748

Cuadro 45. Datos históricos de las ventas de la planta de Suchitepéquez II

	Ventas de Enero a Julio (en unidades)		
	Región 1	Región 2	Región 3
Bovedilla	1,051	1,226	1,226
Block muro perimetral	1,450	2,176	2,176
Adoquín tradicional	6,266	3,133	3,133

Cuadro 46. Datos históricos de las ventas de la planta de San Miguel Petapa II

	Ventas de Enero a Julio (en unidades)	
	Región 1	Región 2
Bovedilla	36,689	70,320
Block muro perimetral	22,550	22,550
Adoquín tradicional	11,670	23,341

Como se puede observar, cada una de las plantas distribuye a regiones establecidas en base a su proximidad geográfica. Estas regiones se especifican a continuación:

Cuadro 47. Regiones de la planta de Quetzaltenango

Región 1	Santa María de Jesús, Zunil, Almolonga y Cantel
Región 2	Colomba, San Martín Sacatepéquez, Concepción Chiquirichapa
Región 3	Alaska y Nahualá

Cuadro 48. Regiones de la planta de Suchitepéquez

Región 1	El Zarco, San Martín Zapotitlán y San Felipe
Región 2	Retalhuleu, El Asintal y Las Victorias
Región 3	Río Bravo, Cocales, Santa Lucía Cotzumalguapa y Siquinalá

Cuadro 49. Regiones de la planta de San Miguel Petapa

Región 1	Escuintla, Palín, Amatitlán y Villa Nueva
Región 2	San Lucas, Sumpango, El Tejar, Chimaltenango, Zaragoza, Tecpán y Los Encuentros

Para poder realizar las simulaciones se requiere comparar los costos óptimos de los destinos que se determinaron en el modelo de transporte con la información histórica de esos mismos destinos. Dicha información se expuso en el capítulo del análisis de la situación actual del presente trabajo de graduación.

De esta forma, se crearon tablas comparativas de los datos históricos con la solución óptima del modelo. A continuación se muestran las tablas correspondientes a la ruta 1:

Cuadro 50. Datos históricos para la ruta 1: Quetzaltenango – Suchitepéquez vía El Zarco

Datos históricos					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP								CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80				Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00			
								Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52	Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86				Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23	Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79				Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748	Q 214,230.41
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>				<b>Q 920.00</b>	<b>Q 600.00</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 565.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80				Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48	Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86				Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15	Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79				Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	Q 2.17	97,748	Q 212,024.09
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>				<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 825.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80				Q 3.80	Q 3.55	No ingresa	Q 3.49	Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86				Q 7.78	Q 7.30	No ingresa	Q 7.18	Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79				Q 2.25	Q 2.14	No ingresa	Q 2.11	Q 2.17	97,748	Q 211,884.45
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.50					Q 4.50	1,051	Q 4,731.99
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 8.97	Q 8.97					Q 8.97	1,450	Q 13,014.92
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39					Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.37					Q 4.37	1,051	Q 4,593.34
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.65	Q 8.65	Q 8.65					Q 8.65	1,450	Q 12,553.20
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31					Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>					<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.43	Q 4.43	Q 4.43					Q 4.43	1,051	Q 4,651.72
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.79	Q 8.79	Q 8.79					Q 8.79	1,450	Q 12,749.02
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34					Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
													<b>TOTAL</b>	<b>Q909,954.30</b>

Cuadro 51. Modelo óptimo para la ruta 1

Modelo					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 730.00</b>	<b>Q 702.00</b>	<b>Q 676.00</b>	<b>Q 556.00</b>	<b>Q 364.00</b>	<b>Q 333.00</b>	<b>Q 343.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 4.32	Q 4.27	Q 4.21	Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52	Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86	Q 8.78	Q 8.67	Q 8.56	Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23	Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79				Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748	Q 214,230.41
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 1,160.00</b>	<b>Q 1,115.00</b>	<b>Q 920.00</b>	<b>Q 600.00</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 565.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80	Q 4.23	Q 4.18	Q 4.13	Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48	Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86	Q 8.60	Q 8.51	Q 8.41	Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15	Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79				Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	Q 2.17	97,748	Q 212,024.09
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,625.00</b>	<b>Q 1,550.00</b>	<b>Q 1,475.00</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 825.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80	Q 4.16	Q 4.10	Q 4.03	Q 3.80	Q 3.55	No ingresa	Q 3.49	Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86	Q 8.46	Q 8.34	Q 8.22	Q 7.78	Q 7.30	No ingresa	Q 7.18	Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79				Q 2.25	Q 2.14	No ingresa	Q 2.11	Q 2.17	97,748	Q 211,884.45
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 680.00</b>	<b>Q 710.00</b>	<b>Q 700.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76								Q 4.27	1,051	Q 4,484.70
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19								Q 8.67	1,450	Q 12,575.73
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39					Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 717.29</b>	<b>Q 886.83</b>	<b>Q 936.83</b>	<b>Q 921.83</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76								Q 4.18	1,051	Q 4,395.47
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19								Q 8.50	1,450	Q 12,334.86
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31					Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,145.83</b>	<b>Q 1,416.67</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 1,490.67</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76								Q 4.10	1,051	Q 4,303.73
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19								Q 8.34	1,450	Q 12,096.13
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34					Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
<b>TOTAL Q907,850.73</b>														

En las columnas de los primeros 3 destinos (El Zarco, San Martín Zapotitlán y San Felipe) se puede observar el cambio entre los datos históricos y el modelo. Los productos de bovedilla y block para muro perimetral, en cualquiera de los tres tipos de transporte, dejan de ser transportados desde la planta de Suchitepéquez y pasan a ser responsabilidad de la planta de Quetzaltenango ya que presenta los menores costos.

Al observar las últimas 3 columnas de las tablas anteriores, se puede observar que el costo total no cambia significativamente entre el plan de distribución actual y el modelo propuesto:

## Datos históricos

Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
CT	Unidades	VT
Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Q 2.19	97,748	Q 214,230.41
CT	Unidades	VT
Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Q 2.17	97,748	Q 212,024.09
CT	Unidades	VT
Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Q 2.17	97,748	Q 211,884.45
CT	Unidades	VT
Q 4.50	1,051	Q 4,731.99
Q 8.97	1,450	Q 13,014.92
Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
CT	Unidades	VT
Q 4.37	1,051	Q 4,593.34
Q 8.65	1,450	Q 12,553.20
Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
CT	Unidades	VT
Q 4.43	1,051	Q 4,651.72
Q 8.79	1,450	Q 12,749.02
Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
<b>TOTAL</b>	<b>Q909,954.30</b>	

## Modelo

Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
CT	Unidades	VT
Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Q 2.19	97,748	Q 214,230.41
CT	Unidades	VT
Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Q 2.17	97,748	Q 212,024.09
CT	Unidades	VT
Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Q 2.17	97,748	Q 211,884.45
CT	Unidades	VT
Q 4.27	1,051	Q 4,484.70
Q 8.67	1,450	Q 12,575.73
Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
CT	Unidades	VT
Q 4.18	1,051	Q 4,395.47
Q 8.50	1,450	Q 12,334.86
Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
CT	Unidades	VT
Q 4.10	1,051	Q 4,303.73
Q 8.34	1,450	Q 12,096.13
Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
<b>TOTAL</b>	<b>Q907,850.73</b>	

Con la demanda presente, la ruta 1 presenta un costo total de Q 909, 954.30 con el plan de distribución actual mientras que, aplicando el modelo dicho costo sería de Q 907, 850.73. Es decir, la diferencia entre ambos casos es solamente de Q 2,103.56 con un ahorro del 0.23%. El comportamiento de los costos se repite para las rutas 2 y 3, en las que las diferencias entre el plan actual y el propuesto son de Q 1,762.16 (ahorro del 0.19%) y Q447.35 (ahorro del 0.0003%), respectivamente.

De esta forma se puede concluir que la empresa ha estado operando de forma correcta en las primeras tres rutas de distribución, ya que durante los meses de enero a junio del año 2011 la empresa no ha dejado de ganar tanto dinero.

Sin embargo, en el caso de la ruta 4, la empresa ha dejado de ganar Q 53,577.11 durante los primeros 7 meses del año 2011:

Datos históricos			Modelo		
Costo Promedio	Ventas	Costos Totales	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
CT	Unidades	VT	CT	Unidades	VT
Q 3.96	2,463	Q 9,757.13	Q 3.96	2,463	Q 9,757.13
Q 8.08	2,744	Q 22,178.45	Q 8.08	2,744	Q 22,178.45
Q 2.35	97,748	Q 229,544.26	Q 2.35	97,748	Q 229,544.26
Q 3.90	2,463	Q 9,593.66	Q 3.90	2,463	Q 9,593.66
Q 7.95	2,744	Q 21,822.22	Q 7.95	2,744	Q 21,822.22
Q 2.32	97,748	Q 226,430.29	Q 2.32	97,748	Q 226,430.29
Q 3.86	2,463	Q 9,505.70	Q 3.86	2,463	Q 9,505.70
Q 7.89	2,744	Q 21,640.63	Q 7.89	2,744	Q 21,640.63
Q 2.28	97,748	Q 222,849.77	Q 2.28	97,748	Q 222,849.77
Q 4.93	70,320	Q 346,748.65	Q 4.75	70,320	Q 333,757.86
Q 9.51	22,550	Q 214,496.07	Q 9.20	22,550	Q 207,450.68
Q 2.72	23,341	Q 63,548.35	Q 2.63	23,341	Q 61,333.47
Q 4.64	70,320	Q 325,943.66	Q 4.51	70,320	Q 317,430.22
Q 8.92	22,550	Q 201,152.71	Q 8.74	22,550	Q 196,990.03
Q 2.55	23,341	Q 59,404.93	Q 2.49	23,341	Q 58,115.60
Q 4.88	70,320	Q 343,331.54	Q 4.73	70,320	Q 332,955.04
Q 9.41	22,550	Q 212,304.49	Q 9.18	22,550	Q 206,999.21
Q 2.69	23,341	Q 62,863.82	Q 2.62	23,341	Q 61,189.01
<b>TOTAL</b>		<b>Q 2,603,120.35</b>	<b>TOTAL</b>		<b>Q 2,549,543.24</b>

Es decir, el porcentaje de disminución del costo al aplicar el plan de distribución óptimo, es del 2.1%. De esta forma, se puede concluir que valdría la pena implementar el nuevo plan

de distribución en la ruta 4, la cual conecta a las plantas de Quetzaltenango y Guatemala a través de la Carretera CA-04.

Es importante mencionar que si las condiciones de la demanda cambian de forma que esta se ve incrementada, se recomienda a la empresa seguir el modelo propuesto en todas las rutas, para que el ahorro sea más significativo. Esto se debe a que mientras la demanda crezca, también crecerá la diferencia de costos entre continuar con el plan de distribución actual o aplicar el modelo.

Finalmente, se debe señalar que es conveniente aplicar el modelo en proyectos puntuales que involucren la entrega de más de 50,000 unidades a los puntos frontera entre los radios de alcance de las plantas de producción, los cuales son San Felipe, Santa María de Jesús, El Asintal, Las Victorias, Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, Escuintla, Los Encuentros y Tecpán.

Mediante la elaboración de la simulación, se utilizaron datos históricos de la empresa para comparar los costos totales de entregar el producto al cliente antes y después de la aplicación del modelo. El resultado de esta prueba mostró que si la empresa hubiera utilizado el modelo propuesto en el presente trabajo de graduación, durante los primeros siete meses del año 2011, sus costos totales de entregar el producto al cliente hubieran disminuido.

## VII. CONCLUSIONES

1. Mediante el modelo de transporte se determinaron los radios de alcance óptimos para cada una de las tres plantas de producción, por tipo de producto y por tipo de transporte. El resultado minimiza el costo total de entregar el producto al cliente, el cual toma en cuenta tanto la efectividad global del equipo de producción (calculada mediante la técnica del OEE), como el porcentaje de desperdicio de cada una de las plantas. De esta forma se cumple con el primer objetivo específico del presente trabajo de graduación.
2. Mediante el análisis de sensibilidad del gasto indirecto de fabricación se determinaron las condiciones en las que la empresa tendría un ahorro del 4% o más. De esta forma se cumple con el segundo objetivo específico.
3. Mediante la simulación, se determinó que si la empresa hubiera utilizado el modelo propuesto en el presente trabajo de graduación durante los primeros siete meses del año 2011, sus costos totales de entregar el producto al cliente hubieran disminuido en un 0.23% (Q 2, 103.56) para la ruta 1, 0.19% (Q 1, 762.16) para la ruta 2, 0.0003% (Q447.34) para la ruta 3 y 2.1% (Q 53, 577.11) para la ruta 4. De esta forma, se cumple con el cuarto objetivo específico, ya que la aplicación del modelo permite a la empresa reducir sus costos.
4. El tercer objetivo específico no se cumple en su totalidad ya que el porcentaje de disminución de los costos totales en las cuatro no es del 7% establecido en dicho objetivo.
5. La metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima propuesta en el presente trabajo de graduación, debe implementarse ya que es eficiente y permitirá a la empresa llevar un mejor control de sus costos así como del proceso de distribución de sus productos.
6. Los ajustes de producción son la causa principal de los retrasos en la planta de Quetzaltenango (27.58%), los ajustes de producción son la causa principal de los retrasos en la planta de San Miguel Petapa (94.4%) y las pérdidas de producción son la causa principal de los retrasos en la planta de Suchitepéquez (31.33%).
7. Las pérdidas de calidad representan el menor porcentaje de pérdidas de tiempo en el proceso de producción, con un valor de 3.83% para la planta de Quetzaltenango, 2.94% para la planta de Suchitepéquez y 2.97% para la planta de San Miguel Petapa.

**8.** La empresa cuenta con certificación ISO 9000, por lo que cumple con los parámetros adecuados de orden y limpieza según la técnica de las 5'S. Así mismo, cumple con las condiciones adecuadas en cuanto a la distribución de la planta (instalaciones del área de producción, área de inventario de producto terminado, área administrativa y servicios básicos del personal como baños, parqueo y garita).

**9.** La empresa cuenta con prácticas adecuadas de seguridad industrial ya que los empleados utilizan el equipo de protección requerido. Éste incluye los chalecos, cascos y calzado industrial.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la empresa implementar la metodología para la determinación de la ruta de distribución óptima propuesta en este trabajo de graduación, ya que le permitirá reducir sus costos totales de entregar el producto al cliente.
2. Si las condiciones de la demanda cambian de forma que esta se vea incrementada, se recomienda a la empresa seguir el modelo propuesto en este trabajo de graduación para que el ahorro en cada una de las rutas de distribución sea más significativo.
3. Se recomienda a la empresa utilizar el plan de distribución óptimo propuesto en el presente trabajo de graduación para las situaciones en las que se lleven a cabo proyectos puntuales que involucren la entrega de más de 50,000 unidades. Principalmente en los puntos frontera entre los radios de alcance de las plantas de producción, los cuales son San Felipe, Santa María de Jesús, El Asintal, Las Victorias, Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, Escuintla, Los Encuentros y Tecpán.
4. De llegar a implementarse el plan de distribución óptimo, se recomienda a la empresa darle importancia al proceso de logística externa, tal como se ha hecho hasta ahora. Es decir, continuar con la planificación de los despachos de forma eficiente para evitar reclamos por atrasos.
5. De llegar a implementarse el plan de distribución óptimo, se recomienda a la empresa evaluar los cambios en los criterios de costo, capacidad de respuesta y calidad. Esto con el fin de determinar si aún son los mejores o si necesitan ser reevaluados.
6. En caso de que la empresa decida adoptar el nuevo plan de distribución, se recomienda tomar en cuenta el factor de la resistencia al cambio. Para evitar que la resistencia sea alta, se recomienda avisar con anticipación sobre cualquier decisión así como realizar el cambio poco a poco, resaltando los aspectos positivos e involucrando a los trabajadores en el proceso.
7. Se recomienda a cada planta de producción establecer el registro de los retrasos y pérdidas en el tiempo de producción, para cada tipo de producto en cada planta de producción.

**8.** Se recomienda a la empresa invertir en la automatización de las plantas de Suchitepéquez y San Miguel Petapa para minimizar sus costos de producción, como en el caso de la planta de Quetzaltenango.

**9.** Se recomienda a la empresa continuar con el análisis del OEE durante un período de tiempo de 1 a 2 años. Esto con el fin de determinar de forma más precisa el comportamiento que presenta el OEE de cada planta, y así poder definir e implementar acciones correctivas.

**10.** Se recomienda a la empresa realizar un estudio acerca del comportamiento de la demanda de cada uno de los productos, para determinar si ésta es cíclica, estacionaria o aleatoria. Esto con el objetivo de definir e implementar un plan de producción y distribución que minimice los niveles de inventario en exceso, identificados mediante el análisis del OEE y del modelo de transporte.

**11.** Como complemento al inciso anterior, se recomienda a la empresa implementar la estrategia de producción conocida como Justo a Tiempo, mediante la cual se pueden disminuir los retrasos en la producción ocasionados por la falta de espacio en el área de inventario de producto terminado los cuales forman parte de las pérdidas por ajustes de producción. La implementación de dicha técnica permitirá a la empresa producir solamente lo que se vende y eliminar inventarios innecesarios.

**12.** Se recomienda a la empresa poner en práctica los principios del sistema de manufactura esbelta conocida como SMED (Single Minute Exchange of Dies), con el fin de reducir los tiempos de ajustes de la maquinaria los cuales son parte de las pérdidas de producción. La implementación del sistema SMED permitirá aumentar la flexibilidad de la empresa para satisfacer las demandas cambiantes de los clientes, sin que se vea obligada a mantener grandes inventarios.

**13.** Se recomienda a la empresa, el uso de la técnica de Kanban, la cual utiliza señalizaciones para indicar el punto de reorden de materias primas, materiales o productos. Aplicando este método a los proveedores, se puede asegurar que la materia prima llegue a tiempo y en la cantidad adecuada para poder empezar cualquier producción estándar en cualquier momento. La consecuencia inmediata será la disminución de los fallos en el proceso, ocasionados por atrasos del proveedor.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliográficas

1. Chase, Richard; Jacobs, F. Robert y Aquilano, Nicholas, J. 2009. *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. 12ª ed. Revisión técnica de Rodolfo Torres Matus, Marco Antonio Montúfar y Héctor Horton Muñoz. México, D.F., McGraw Hill Educación. 776 págs.
2. Evans, James R. y Lindsay, William M. 2009. *Administración y control de la calidad*. 7ª ed. Traducción de Francisco Sánchez Fragoso. Revisión técnica de Guillermo Haaz Díaz. México D.F., Cengage Learning. 783 págs.
3. García Colín, Juan. 2008. *Contabilidad de costos*. 3ª ed. Revisión técnica de Liliana Gutiérrez Peñalosa. México D.F., McGraw Hill Educación. 315 págs.
4. Newnan, Donald G.; Lavelle, Jerome P. y Eschenbach, Ted G. 2009. *Engineering economic analysis*. 10<sup>th</sup> ed. New York, Oxford University. 612 págs.
5. Niebel, Benjamin W. y Freivalds, Andris. 2009. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ª ed. México, D.F., McGraw Hill Educación. 586 págs.
6. Robbins, Coulter. 2010. *Administración*. 10ª ed. Revisión técnica de Enrique Benjamín Franklin Fincowsky, María Eloísa Treviño Ayala, Rosa Guadalupe Muñoz Rodríguez, Miguel Gutiérrez Alfaro, Margarita Bárcenas Salas y Alma Delia Pérez Otero. México, D.F., Pearson Educación. 584 págs.
7. Taha, Hamdy A. 2004. *Investigación de operaciones*. 7ª ed. Revisión técnica de Guillermo Martínez del Campo Varela, Bonifacio Román Tapia y Heriberto García Reyes. México, D. F., Pearson Educación. 848 págs.

### Páginas Web

1. OEE Pocket Guide. <http://www.oee.com/tools>
2. Definición de tendencia. <http://www.wordreference.com/definicion/tendencia>
3. La guía de Guatemala. <http://www.laguiadeguatemala.com/>
4. Mapa de carreteras. <http://www.mapacarreteras.com/guatemala.html>
5. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. <http://www.civ.gob.gt>
6. Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL). <http://www.covial.gob.gt/>
7. Dirección General de Caminos. <http://www.caminos.gob.gt/>
8. Modelo de transporte. [http://www.investigacion-operaciones.com/modelo\\_de\\_transporte.htm](http://www.investigacion-operaciones.com/modelo_de_transporte.htm)
9. Datos generales de Suchitepéquez. [http://www.aquiguatemala.net/datos\\_suchitepequez.html](http://www.aquiguatemala.net/datos_suchitepequez.html)
10. Marketing en el siglo XXI. <http://www.marketing-xxi.com/canales-de-distribucion-63.htm>

### Revistas

1. Árboles de Decisiones. *Estr@tegia Magazine*. Año 2. Edición 31

## X. GLOSARIO

### 1. Silo de cemento:

Es el almacén del cemento que es despachado a granel.

### 2. Skip:

Recipiente que traslada las arenas desde la banda transportadora de áridos hacia la mezcladora.

### 3. Tornillo sin fin:

Es un dispositivo mecánico que traslada el cemento desde el silo hacia la mezcladora.

### 4. Mezcladora:

Dispositivo electromecánico que recibe todas las materias primas y a través del proceso de mezclado las homogeniza para producir la mezcla para la producción de blocks y similares.

### 5. Tolva de carga:

Recipiente que almacena la mezcla lista para fabricar el block (recibe el producto proveniente de la mezcladora).

### 6. Vibrocompactación:

Proceso de manufactura que mezcla la vibración y la compactación de ciertos elementos para la obtención de un producto final. Es el movimiento vibratorio de la prensa para llenar los espacios vacíos del molde con toda la mezcla.

### 7. Rendimiento:

Punto de control que indica las unidades producidas por saco de cemento.

### 8. Ascensor:

Es la unidad de trabajo que ubica el producto recién fabricado de una altura a diez alturas.

**9. Multiforca:**

Es el robot que traslada el producto recién fabricado desde el ascensor hacia los cuartos de fraguado y a la vez el producto ya fraguado desde los cuartos hacia el descensor.

**10. Fraguado:**

Proceso de secado de cualquier elemento fabricado con cemento.

**11. Descensor:**

Es la unidad de trabajo que ubica el producto ya fraguado de diez alturas a una altura.

**12. Paletizador:**

La unidad de trabajo que estiba los blocks en forma de cubos para que puedan ser trasladados a la bodega de producto terminado.

**13. Flejadora:**

Unidad de trabajo que envuelve con una o dos cintas de fleje los cubos de producto que provienen del paletizador, la finalidad de esta etapa de trabajo es darle estabilidad al cubo en toda su manipulación.

**14. Desportilladura:**

Fragmento que se separa accidentalmente del producto. Se refiere también a una rotura, mella o defecto en el producto, ocasionado por el maltrato del mismo.

**15. Efectividad:**

Es la medida general de la eficacia y la eficiencia de una planta de producción, la cual se obtiene mediante el cálculo del OEE.

**16. Eficacia:**

Hacer las cosas correctas de tal forma que se cumpla con los objetivos de la organización.

**17. Eficiencia:**

Hacer bien las cosas o lograr los mejores resultados a partir de la menor cantidad de recursos.

**18. Concesiones:**

Corresponden a las pérdidas de producción tales como ajustes de la maquinaria durante el arranque así como el tiempo de limpieza del molde durante el proceso de producción. Son las pérdidas debidas a anomalías que disminuyen el rendimiento de la planta.

## **XI. APÉNDICES**

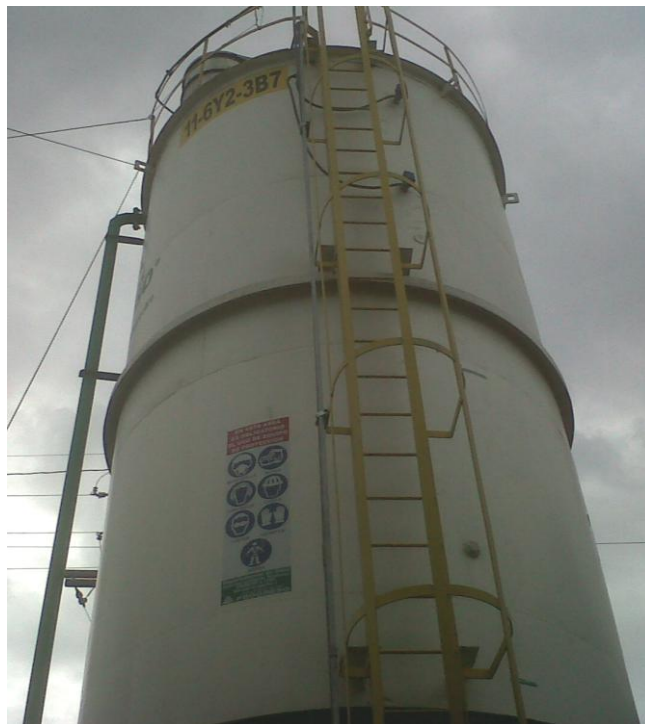
## APÉNDICE I: PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción inicia con la llegada de la materia prima, la cual es depositada en 3 tolvas, mientras que el cemento es almacenado en el silo.

Imagen 1. Tolvas de materia prima



Imagen 2. Silo de cemento



La materia prima es luego trasladada hacia el Skip, por medio de una banda transportadora.

El Skip es un contenedor que se encarga de subir la materia prima desde las fosas de áridos hacia el área en donde se encuentra la mezcladora.

Imagen 3. Skip



Al mismo tiempo, el cemento almacenado en el silo es trasladado hacia la mezcladora por medio del tornillo sin fin conectado a la misma.

Imagen 4. Tornillo sin fin vista I



Imagen 5. Tornillo sin fin vista II



El siguiente paso del proceso consiste en añadir los aditivos a la mezcla. Estos están encargados de proporcionar propiedades específicas al material. Los aditivos se utilizan dependiendo de las características de la materia prima que se está utilizando. Por ejemplo, algunas veces será necesario agregar un aditivo a la mezcla, el cual funcione como un impermeabilizante para que el producto pueda resistir la humedad. Esta situación es común en la planta ubicada en Quetzaltenango, en la cual el clima frío y húmedo algunas veces afecta el producto.

La mezcladora luego se encarga del proceso de la homogenización de la mezcla de materiales.

Imagen 6. Mezcladora vista I



Imagen 7. Mezcladora vista II



El proceso continúa cuando la mezcla se traslada desde la mezcladora hacia la tolva de carga ubicada sobre la prensa.

Imagen 8. Banda transportadora vista I



Imagen 9. Banda transportadora vista II



Imagen 10. Banda transportadora vista III



Esta tolva luego descarga el contenido sobre la prensa.

Imagen 11. Tolva de carga



La prensa está encargada de fabricar el producto por medio de un proceso de vibrocompactación. Cuando el producto sale de la prensa, se realiza una inspección en la que se evalúa el cumplimiento de los parámetros de control, tales como apariencia, altura, humedad, tiempo de ciclo, limpieza del molde y rendimiento (unidades por saco de cemento). Si el producto cumple con estas especificaciones, avanza hacia el ascensor. Las unidades que no pasan la inspección son retiradas de la banda transportadora y son reprocesadas.

Imagen 12. Prensa vista I



Imagen 13. Prensa vista II



Una vez en el ascensor, el producto es transportado hacia los cuartos de fraguado por medio del multitorca.

Imagen 14. Ascensor y multitorca



Imagen 15. Multiforca y cuartos de fraguado vista I



Al mismo tiempo el multiforca desocupa los cuartos, trasladando el producto ya fraguado desde esta área hacia el descensor. El proceso de fraguado del producto requiere de un lapso de tiempo de 36 horas, el cual ocurre a temperatura ambiente.

Imagen 16. Multiforca y cuartos de fraguado vista II



Una vez en el descensor el producto avanza por medio de una banda transportadora hacia el proceso de paletizado, durante este traslado el producto es inspeccionado una vez más para verificar sus condiciones físicas (altura, humedad, desportilladuras y apariencia).

Imagen 17. Descensor



A continuación, el paletizador coloca el producto seco en cubos de 84 unidades cada uno.

Imagen 18. Paletizador vista I



Imagen 19. Paletizador vista II



Estos cubos luego son transportados hacia la flejadora, que les coloca una cinta para sostener el producto. Finalmente, el carril de salida transporta cada cubo hacia la salida, en donde se utiliza un montacargas para trasladarlo hacia el área de inventario de producto terminado.

Imagen 20. Flejadora



Imagen 21. Carril de salida y montacargas



En el caso de la planta de Quetzaltenango, uno de los aspectos a resaltar de la línea de producción, es que cuenta con un circuito cerrado que transporta las tablas de madera que sostienen el producto durante todo el proceso.

Imagen 22. Inyector de retorno vista I



Imagen 23. Inyector de retorno vista II



A continuación se muestran la gráfica del proceso operativo y el diagrama de flujo de materiales del proceso de producción:

Diagrama 1. Gráfica del proceso operativo

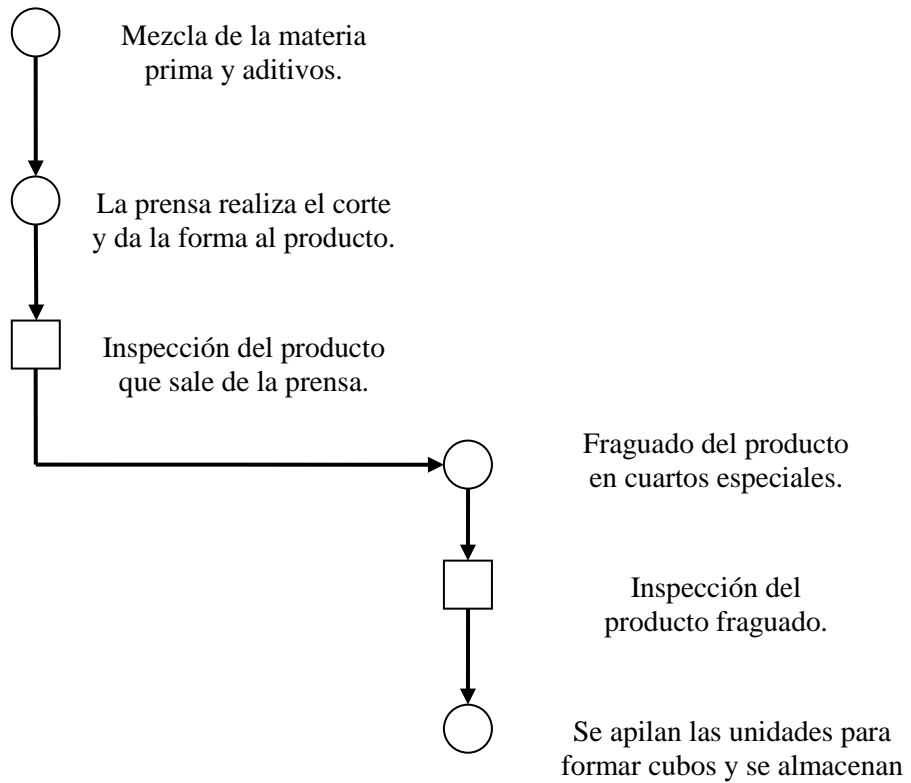


Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso

<b>Ubicación:</b> Planta de producción Quetzaltenango <b>Actividad:</b> Producción de block y similares <b>Fecha:</b> 19/07/2011	Operación		5		
	Transporte		11		
	Retraso		0		
	Inspección		4		
	Almacenamiento		3		
Descripción de los eventos	Símbolo				
Recepción de la materia prima.	○	➔	D	□	▽
Inspección de la materia prima.	○	➡	D	■	▽
Tolvas con la existencia de materia prima.	○	➡	D	□	▽
Recepción del cemento.	○	➔	D	□	▽
Inspección del cemento.	○	➡	D	■	▽
Silo con existencia de cemento.	○	➡	D	□	▽
Transporte de la materia prima hacia el skip por medio de una banda transportadora.	○	➔	D	□	▽
El skip se traslada de las fosas de áridos hacia el área de la mezcladora.	○	➔	D	□	▽
El cemento es transportado hacia la mezcladora a través del tornillo sin fin.	○	➔	D	□	▽
Se forma la mezcla con los materiales (materia prima, cemento y aditivo).	●	➡	D	□	▽
La mezcla se traslada hacia la tolva por medio de una banda transportadora.	○	➔	D	□	▽
La prensa fabrica el producto.	●	➡	D	□	▽
El producto es inspeccionado en base a los criterios de altura, apariencia, humedad, tiempo de ciclo y limpieza de molde.	○	➡	D	■	▽
El producto es trasladado hacia el ascensor.	○	➔	D	□	▽
El multiforca traslada el producto hacia los cuartos de fraguado.	○	➔	D	□	▽
El producto se fragua a temperatura ambiente durante un lapso de 36 horas.	●	➡	D	□	▽
El multiforca traslada el producto más antiguo hacia el descensor.	○	➔	D	□	▽
Inspección del producto fraguado en base a medidas y apariencia.	○	➡	D	■	▽
El producto pasa hacia el paletizador, el cual forma un cubo de 84 unidades.	●	➡	D	□	▽
El cubo es trasladado hacia la flejadora.	○	➔	D	□	▽
En el proceso de flejado se coloca la cinta para sujetar el producto.	●	➡	D	□	▽
El cubo es trasladado hacia el patio de producto terminado por medio de un montacargas.	○	➔	D	□	▽
El producto se almacena en el área de inventario de producto terminado.	○	➡	D	□	▽



## APÉNDICE II: TABLAS DE TRANSPORTE

A. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía El Zarco:

Escenario 1: Camión de 10 toneladas, bovedilla

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP							
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 4.32	Q 4.27	Q 4.21	Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.68	Q 4.89	Q 4.94	Q 4.93

Escenario 2: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP							
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86	Q 8.78	Q 8.67	Q 8.56	Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 8.97	Q 8.97	Q 9.39	Q 9.91	Q 10.03	Q 9.99

Escenario 3: Camión de 10 toneladas, adoquín

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Camión 200 qq	Xela	Adoquín	1000	Q1.79	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.47	Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14
Camión 200 qq	Suchi	Adoquín	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64

Escenario 4: Doble eje, bovedilla

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80	Q 4.23	Q 4.18	Q 4.13	Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.44	Q 4.60	Q 4.65	Q 4.64

Escenario 5: Doble eje, block para muro perimetral

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86	Q 8.60	Q 8.51	Q 8.41	Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.65	Q 8.65	Q 8.65	Q 8.83	Q 9.21	Q 9.33	Q 9.29

Escenario 6: Doble eje, adoquín

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquín	1750	Q1.79	Q 2.48	Q 2.46	Q 2.43	Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquín	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47

Escenario 7: Plataforma, bovedilla

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80	Q 4.16	Q 4.10	Q 4.03	Q 3.80	Q 3.55	#¡VALOR!	Q 3.49
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.43	Q 4.43	Q 4.43	Q 4.52	Q 4.70	#¡VALOR!	Q 4.75

Escenario 8: Plataforma, block para muro perimetral

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86	Q 8.46	Q 8.34	Q 8.22	Q 7.78	Q 7.30	#¡VALOR!	Q 7.18
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.79	Q 8.79	Q 8.79	Q 9.02	Q 9.46	#¡VALOR!	Q 9.58

Escenario 9: Plataforma, adoquín

					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquín	2600	Q1.79	Q 2.42	Q 2.39	Q 2.36	Q 2.25	Q 2.14	#¡VALOR!	Q 2.11
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquín	2500	Q1.94	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#¡VALOR!	Q 2.54

**B. Escenarios de la ruta entre las plantas de Guatemala y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía Río Bravo:**

**Escenario 10: Camión de 10 toneladas, bovedilla**

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.30	Q 4.34	Q 4.71	Q 4.83	Q 5.23	Q 5.54	Q 5.68	Q 5.86
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51	Q 5.59	Q 5.37	Q 4.97	Q 4.84	Q 4.43	Q 4.21	Q 4.18	Q 4.01

**Escenario 11: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral**

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.47	Q 8.59	Q 9.47	Q 9.75	Q 10.71	Q 11.47	Q 11.79	Q 12.23
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67	Q 10.82	Q 10.40	Q 9.59	Q 9.33	Q 8.52	Q 8.06	Q 8.00	Q 7.67

**Escenario 12: Camión de 10 toneladas, adoquín**

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Camión 200 qq	Suchi	Adoquín	1000	Q1.94	Q 2.26	Q 2.29	Q 2.51	Q 2.58	Q 2.82	Q 3.01	Q 3.09	Q 3.20
Camión 200 qq	Guate	Adoquín	1000	Q1.87	Q 3.12	Q 2.99	Q 2.75	Q 2.67	Q 2.42	Q 2.29	Q 2.27	Q 2.17

### Escenario 13: Doble eje, bovedilla

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.19	Q 4.32	Q 4.47	Q 4.55	Q 4.85	Q 5.09	Q 5.19	Q 5.33
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51	Q 5.10	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.23	Q 4.23	Q 4.01

### Escenario 14: Doble eje, block para muro perimetral

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.23	Q 8.53	Q 8.89	Q 9.10	Q 9.81	Q 10.38	Q 10.61	Q 10.94
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67	Q 9.85	Q 9.53	Q 8.91	Q 8.71	Q 8.09	Q 8.11	Q 8.11	Q 7.67

### Escenario 15: Doble eje, adoquín

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquín	1750	Q1.94	Q 2.20	Q 2.28	Q 2.36	Q 2.42	Q 2.60	Q 2.74	Q 2.80	Q 2.88
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquín	1750	Q1.87	Q 2.82	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.30	Q 2.30	Q 2.17

### Escenario 16: Plataforma, bovedilla

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.25	Q 4.33	Q 4.55	Q 4.65	Q 4.98	Q 5.25	Q 5.36	Q 5.51
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51	Q 5.15	Q 5.00	Q 4.94	Q 4.94	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.39	Q 4.39

### Escenario 17: Plataforma, block para muro perimetral

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.36	Q 8.56	Q 9.09	Q 9.32	Q 10.12	Q 10.76	Q 11.02	Q 11.39
Plataforma 500 qq	Guafe	Blocon	750	Q6.67	Q 9.96	Q 9.65	Q 9.54	Q 9.54	Q 9.11	Q 9.11	Q 8.44	Q 8.44

### Escenario 18: Plataforma, adoquín

					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q 1,070.00	Q 1,150.00	Q 1,260.00
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquín	2500	Q1.94	Q 2.23	Q 2.28	Q 2.42	Q 2.47	Q 2.67	Q 2.83	Q 2.90	Q 2.99
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquín	2500	Q1.87	Q 2.86	Q 2.76	Q 2.73	Q 2.73	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.40	Q 2.40

C. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Guatemala, en la Carretera CA-04:

Escenario 19: Camión de 10 toneladas, bovedilla

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 6.66	Q 6.52	Q 6.30	Q 6.41	Q 6.16	Q 6.07	Q 5.77	Q 4.63	Q 4.21	Q 4.00	Q 3.67
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51	Q 4.32	Q 4.56	Q 4.56	Q 4.74	Q 4.89	Q 4.97	Q 5.29	Q 6.10	Q 6.40	Q 6.75	Q 7.08

Escenario 20: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86	Q 13.26	Q 13.00	Q 12.58	Q 12.78	Q 12.30	Q 12.14	Q 11.56	Q 9.36	Q 8.56	Q 8.16	Q 7.52
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67	Q 8.29	Q 8.78	Q 8.78	Q 9.14	Q 9.43	Q 9.59	Q 10.24	Q 11.86	Q 12.44	Q 13.16	Q 13.81

Escenario 21: Camión de 10 toneladas, adoquín

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Camión 200 qq	Xela	Adoquín	1000	Q1.79	Q 3.64	Q 3.58	Q 3.47	Q 3.52	Q 3.40	Q 3.36	Q 3.22	Q 2.67	Q 2.47	Q 2.37	Q 2.21
Camión 200 qq	Guate	Adoquín	1000	Q1.87	Q 2.36	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.61	Q 2.70	Q 2.75	Q 2.94	Q 3.43	Q 3.60	Q 3.82	Q 4.01

### Escenario 22: Doble eje, bovedilla

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80	Q 6.43	Q 6.32	Q 6.11	Q 6.20	Q 5.96	Q 5.89	Q 5.60	Q 4.53	Q 4.13	Q 3.93	Q 3.62
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51	Q 4.32	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.45	Q 4.57	Q 4.63	Q 4.88	Q 5.50	Q 5.72	Q 6.00	Q 6.24

### Escenario 23: Doble eje, block para muro perimetral

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86	Q 12.82	Q 12.60	Q 12.20	Q 12.37	Q 11.91	Q 11.77	Q 11.23	Q 9.17	Q 8.41	Q 8.03	Q 7.42
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67	Q 8.29	Q 8.38	Q 8.38	Q 8.56	Q 8.78	Q 8.91	Q 9.40	Q 10.65	Q 11.09	Q 11.64	Q 12.14

### Escenario 24: Doble eje, adoquín

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquín	1750	Q1.79	Q 3.54	Q 3.48	Q 3.38	Q 3.42	Q 3.31	Q 3.27	Q 3.14	Q 2.62	Q 2.43	Q 2.34	Q 2.18
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquín	1750	Q1.87	Q 2.36	Q 2.38	Q 2.38	Q 2.44	Q 2.50	Q 2.54	Q 2.69	Q 3.06	Q 3.20	Q 3.36	Q 3.51

### Escenario 25: Plataforma, bovedilla

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80	Q 5.89	Q 5.76	Q 5.60	Q 5.68	Q 5.47	Q 5.41	Q 5.18	Q 4.35	Q 4.05	Q 3.93	Q 3.60
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.94	Q 4.94	Q 5.53	Q 5.74	Q 5.99	Q 6.23

### Escenario 26: Plataforma, block para muro perimetral

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86	Q 11.78	Q 11.54	Q 11.22	Q 11.38	Q 10.98	Q 10.86	Q 10.42	Q 8.82	Q 8.26	Q 8.02	Q 7.38
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	750	Q6.67	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.54	Q 9.54	Q 10.70	Q 11.12	Q 11.64	Q 12.10

### Escenario 27: Plataforma, adoquín

					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nahualá	Alaska	Cuatro Caminos
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79	Q 3.22	Q 3.16	Q 3.08	Q 3.12	Q 3.02	Q 2.99	Q 2.89	Q 2.50	Q 2.37	Q 2.31	Q 2.16
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	2500	Q1.87	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.73	Q 2.73	Q 3.08	Q 3.21	Q 3.36	Q 3.50

D. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía Las Victorias:

Escenario 28: Camión de 10 toneladas, bovedilla

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 5.13	Q 5.09	Q 4.51	Q 4.32	Q 3.82	Q 3.74
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.54	Q 5.01	Q 5.16	Q 5.58	Q 5.73

Escenario 29: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86	Q 10.32	Q 10.24	Q 9.14	Q 8.77	Q 7.82	Q 7.65
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 9.07	Q 10.20	Q 10.55	Q 11.55	Q 11.91

Escenario 30: Camión de 10 toneladas, adoquín

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Camión 200 qq	Xela	Adoquín	1000	Q1.79	Q 2.91	Q 2.89	Q 2.61	Q 2.52	Q 2.28	Q 2.24
Camión 200 qq	Suchi	Adoquín	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.41	Q 2.69	Q 2.78	Q 3.03	Q 3.12

Escenario 31: Doble eje, bovedilla

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80	Q 4.99	Q 4.95	Q 4.41	Q 4.23	Q 3.77	Q 3.68
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.41	Q 4.80	Q 4.93	Q 5.28	Q 5.40

Escenario 32: Doble eje, block para muro perimetral

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86	Q 10.05	Q 9.97	Q 8.94	Q 8.60	Q 7.71	Q 7.55
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.66	Q 8.75	Q 9.69	Q 9.99	Q 10.83	Q 11.13

Escenario 33: Doble eje, adoquín

					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquín	1750	Q1.79	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquín	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.33	Q 2.57	Q 2.64	Q 2.85	Q 2.93

Escenario 34: Plataforma, bovedilla

No se realizó esta tabla de transporte ya que no se manejan plataformas por esta ruta.

Escenario 35: Plataforma, block para muro perimetral

No se realizó esta tabla de transporte ya que no se manejan plataformas por esta ruta.

Escenario 36: Plataforma, adoquín

No se realizó esta tabla de transporte ya que no se manejan plataformas por esta ruta.

### APÉNDICE III: TABLAS SOLUCIÓN CON TORA

A. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepequez, en la carretera CA-02, vía El Zarco:

Escenario 1: Camión de 10 toneladas, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 1					
Final Iteration No.: 8					
Objective Value (minimum cost) =260823.60					
Next Iteration All Iterations Write to Printer					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Xela	D1: El Zarco	9540	4.32	41212.80	
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9540	4.27	40735.80	
S1: Xela	D3: San Felipe	9540	4.21	40163.40	
S1: Xela	D4: Santa María de .	9540	3.96	37778.40	
S1: Xela	D5: Zunil	9540	3.56	33962.40	
S1: Xela	D6: Almolonga	9540	3.50	33390.00	
S1: Xela	D7: Cantel	9540	3.52	33580.80	
S1: Xela	D8: Ficticio	1481220	0.00	0.00	
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	352800	0.00	0.00	

Escenario 2: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 2					
Final Iteration No.: 8					
Objective Value (minimum cost) =554279.04					
Next Iteration All Iterations Write to Printer					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Xela	D1: El Zarco	9912	8.78	87027.36	
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9912	8.67	85937.04	
S1: Xela	D3: San Felipe	9912	8.56	84846.72	
S1: Xela	D4: Santa María de .	9912	8.08	80088.96	
S1: Xela	D5: Zunil	9912	7.32	72555.84	
S1: Xela	D6: Almolonga	9912	7.19	71267.28	
S1: Xela	D7: Cantel	9912	7.32	72555.84	
S1: Xela	D8: Ficticio	618616	0.00	0.00	
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	156800	0.00	0.00	

Escenario 3: Camión de 10 toneladas, adoquín

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 3  
 Final Iteration No.: 3  
 Objective Value (minimum cost) =2370042.40

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D4: Santa María de	148592	2.35	349191.20
S1: Xela	D5: Zunil	148592	2.16	320958.72
S1: Xela	D6: Almolonga	148592	2.13	316500.96
S1: Xela	D7: Cantel	148592	2.14	317986.88
S1: Xela	D8: Ficticio	781632	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: El Zarco	148592	2.39	355134.88
S2: Suchitepequez	D2: San Martín Zapó	148592	2.39	355134.88
S2: Suchitepequez	D3: San Felipe	148592	2.39	355134.88
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	181424	0.00	0.00

Escenario 4: Doble eje, bovedilla

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 4  
 Final Iteration No.: 8  
 Objective Value (minimum cost) =256626.00

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D1: El Zarco	9540	4.23	40354.20
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9540	4.18	39877.20
S1: Xela	D3: San Felipe	9540	4.13	39400.20
S1: Xela	D4: Snta María de Je	9540	3.90	37206.00
S1: Xela	D5: Zunil	9540	3.52	33580.80
S1: Xela	D6: Almolonga	9540	3.46	33008.40
S1: Xela	D7: Cantel	9540	3.48	33199.20
S1: Xela	D8: Ficticio	1481220	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	352800	0.00	0.00

Escenario 5: Doble eje, block para muro perimetral

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 5  
 Final Iteration No.: 8  
 Objective Value (minimum cost) =544961.76

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D1: El Zarco	9912	8.60	85243.20
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9912	8.51	84351.12
S1: Xela	D3: San Felipe	9912	8.41	83359.92
S1: Xela	D4: Santa María de	9912	7.96	78899.52
S1: Xela	D5: Zunil	9912	7.23	71663.76
S1: Xela	D6: Almolonga	9912	7.12	70573.44
S1: Xela	D7: Cantel	9912	7.15	70870.80
S1: Xela	D8: Ficticio	618616	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	156800	0.00	0.00

Escenario 6: Doble eje, adoquín

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 6  
 Final Iteration No.: 3  
 Objective Value (minimum cost) =2321007.04

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D4: Santa María de	148592	2.32	344733.44
S1: Xela	D5: Zunil	148592	2.14	317986.88
S1: Xela	D6: Almolonga	148592	2.11	313529.12
S1: Xela	D7: Cantel	148592	2.12	315015.04
S1: Xela	D8: Ficticio	781632	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: El Zarco	148592	2.31	343247.52
S2: Suchitepequez	D2: San Martín Zapó	148592	2.31	343247.52
S2: Suchitepequez	D3: San Felipe	148592	2.31	343247.52
S2: Suchitepequez	D8: Ficticio	181424	0.00	0.00

Escenario 7: Plataforma, bovedilla

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 7  
 Final Iteration No.: 7  
 Objective Value (minimum cost) =220660.20

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D1: El Zarco	9540	4.16	39686.40
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9540	4.10	39114.00
S1: Xela	D3: San Felipe	9540	4.03	38446.20
S1: Xela	D4: Santa María de	9540	3.80	36252.00
S1: Xela	D5: Zunil	9540	3.55	33867.00
S1: Xela	D6: Cantel	9540	3.49	33294.60
S1: Xela	D7: Ficticio	1490760	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	352800	0.00	0.00

Escenario 8: Plataforma, block para muro perimetral

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 8  
 Final Iteration No.: 7  
 Objective Value (minimum cost) =468639.36

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D1: El Zarco	9912	8.46	83855.52
S1: Xela	D2: San Martín Zapó	9912	8.34	82666.08
S1: Xela	D3: San Felipe	9912	8.22	81476.64
S1: Xela	D4: Santa María de	9912	7.78	77115.36
S1: Xela	D5: Zunil	9912	7.30	72357.60
S1: Xela	D6: Cantel	9912	7.18	71168.16
S1: Xela	D7: Ficticio	628528	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	156800	0.00	0.00

Cuadro. Escenario 9: Plataforma, adoquín

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 9  
 Final Iteration No.: 3  
 Objective Value (minimum cost) =2008963.84

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D4: Santa María de	148592	2.25	334332.00
S1: Xela	D5: Zunil	148592	2.14	317986.88
S1: Xela	D6: Cantel	148592	2.11	313529.12
S1: Xela	D7: Ficticio	930224	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: El Zarco	148592	2.34	347705.28
S2: Suchitepequez	D2: San Martín Zapó	148592	2.34	347705.28
S2: Suchitepequez	D3: San Felipe	148592	2.34	347705.28
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	181424	0.00	0.00

**B. Escenarios de la ruta entre las plantas de Guatemala y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía Río Bravo:**

Escenario 10: Camión de 10 toneladas, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 10					
Final Iteration No.: 5					
Objective Value (minimum cost) =1616726.79					
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	46179	4.30	198569.70	
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	46179	4.34	200416.86	
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	46179	4.71	217503.09	
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	46179	4.83	223044.57	
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	168084	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D5: Escuintla	46179	4.43	204572.97	
S2: Guatemala	D6: Palín	46179	4.21	194413.59	
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	46179	4.18	193028.22	
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	46179	4.01	185177.79	
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1226484	0.00	0.00	

Escenario 11: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 11					
Final Iteration No.: 4					
Objective Value (minimum cost) =1603854.28					
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	23548	8.47	199451.56	
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	23548	8.59	202277.32	
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	23548	9.47	222999.56	
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	86156	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D4: Siquinalá	23548	9.33	219702.84	
S2: Guatemala	D5: Escuintla	23548	8.52	200628.96	
S2: Guatemala	D6: Palín	23548	8.06	189796.88	
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	23548	8.00	188384.00	
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	23548	7.67	180613.16	
S2: Guatemala	D9: Ficticio	509460	0.00	0.00	

Escenario 12: Camión de 10 toneladas, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 12					
Final Iteration No.: 5					
Objective Value (minimum cost) =481474.96					
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	25624	2.26	57910.24	
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	25624	2.29	58678.96	
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	25624	2.51	64316.24	
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	25624	2.58	66109.92	
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	524704	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D5: Escuintla	25624	2.42	62010.08	
S2: Guatemala	D6: Palín	25624	2.29	58678.96	
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	25624	2.27	58166.48	
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	25624	2.17	55604.08	
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1465504	0.00	0.00	

Escenario 13: Doble eje, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 13					
Final Iteration No.: 4					
Objective Value (minimum cost) =1579321.80					
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>					
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	46179	4.19	193490.01	
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	46179	4.32	199493.28	
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	46179	4.47	206420.13	
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	214263	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D4: Siquinalá	46179	4.53	209190.87	
S2: Guatemala	D5: Escuintla	46179	4.22	194875.38	
S2: Guatemala	D6: Palín	46179	4.23	195337.17	
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	46179	4.23	195337.17	
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	46179	4.01	185177.79	
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1180305	0.00	0.00	

Escenario 14: Doble eje, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: escenario 14				
Final Iteration No.: 4				
Objective Value (minimum cost) =1562174.32				
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	23548	8.23	193800.04
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	23548	8.53	200864.44
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	23548	8.89	209341.72
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	86156	0.00	0.00
S2: Guatemala	D4: Siquinalá	23548	8.71	205103.08
S2: Guatemala	D5: Escuintla	23548	8.09	190503.32
S2: Guatemala	D6: Palín	23548	8.11	190974.28
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	23548	8.11	190974.28
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	23548	7.67	180613.16
S2: Guatemala	D9: Ficticio	509460	0.00	0.00

Escenario 15: Doble eje, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 15				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =469687.92				
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	25624	2.20	56372.80
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	25624	2.28	58422.72
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	25624	2.36	60472.64
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	25624	2.42	62010.08
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	524704	0.00	0.00
S2: Guatemala	D5: Escuintla	25624	2.30	58935.20
S2: Guatemala	D6: Palín	25624	2.30	58935.20
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	25624	2.30	58935.20
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	25624	2.17	55604.08
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1465504	0.00	0.00

Escenario 16: Plataforma, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 16				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =1663367.58				
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	46179	4.25	196260.75
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	46179	4.33	199955.07
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	46179	4.55	210114.45
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	46179	4.65	214732.35
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	168084	0.00	0.00
S2: Guatemala	D5: Escuintla	46179	4.73	218426.67
S2: Guatemala	D6: Palín	46179	4.73	218426.67
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	46179	4.39	202725.81
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	46179	4.39	202725.81
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1226484	0.00	0.00

Escenario 17: Plataforma, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 17				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =1658485.64				
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	23548	8.36	196861.28
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	23548	8.56	201570.88
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	23548	9.09	214051.32
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	23548	9.32	219467.36
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	62608	0.00	0.00
S2: Guatemala	D5: Escuintla	23548	9.11	214522.28
S2: Guatemala	D6: Palín	23548	9.11	214522.28
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	23548	8.44	198745.12
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	23548	8.44	198745.12
S2: Guatemala	D9: Ficticio	533008	0.00	0.00

Cuadro. Escenario 18: Plataforma, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 18					
Final Iteration No.: 5					
Objective Value (minimum cost) =497105.60					
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer	
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Suchitepequez	D1: Río Bravo	25624	2.23	57141.52	
S1: Suchitepequez	D2: Cocales	25624	2.28	58422.72	
S1: Suchitepequez	D3: Santa Lucía Cotz	25624	2.42	62010.08	
S1: Suchitepequez	D4: Siquinalá	25624	2.47	63291.28	
S1: Suchitepequez	D9: Ficticio	524704	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D5: Escuintla	25624	2.60	66622.40	
S2: Guatemala	D6: Palín	25624	2.60	66622.40	
S2: Guatemala	D7: Amatitlán	25624	2.40	61497.60	
S2: Guatemala	D8: Villa Nueva	25624	2.40	61497.60	
S2: Guatemala	D9: Ficticio	1465504	0.00	0.00	

C. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Guatemala, en la Carretera CA-04:

Escenario 19: Camión de 10 toneladas, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 19					
Final Iteration No.: 5					
Objective Value (minimum cost) =2527635.60					
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer	
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Xela	D8: Los Encuentros	50715	4.63	234810.45	
S1: Xela	D9: Nahualá	50715	4.21	213510.15	
S1: Xela	D10: Alaska	50715	4.00	202960.00	
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	50715	3.67	186124.05	
S1: Xela	D12: Ficticio	1345140	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D1: San Lucas	50715	4.32	219088.80	
S2: Guatemala	D2: Sumpango	50715	4.56	231260.40	
S2: Guatemala	D3: El Tejar	50715	4.56	231260.40	
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	50715	4.74	240389.10	
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	50715	4.89	247996.35	
S2: Guatemala	D6: Patzicía	50715	4.97	252053.55	
S2: Guatemala	D7: Tecpán	50715	5.29	268282.35	
S2: Guatemala	D12: Ficticio	1056195	0.00	0.00	

Escenario 20: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY					
Title: Escenario 20					
Final Iteration No.: 5					
Objective Value (minimum cost) =2868570.60					
		Next Iteration	All Iterations	Write to Printer	
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib	
S1: Xela	D8: Los Encuentros	29316	9.36	274397.76	
S1: Xela	D9: Nahualá	29316	8.56	250944.96	
S1: Xela	D10: Alaska	29316	8.16	239218.56	
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	29316	7.52	220456.32	
S1: Xela	D12: Ficticio	570736	0.00	0.00	
S2: Guatemala	D1: San Lucas	29316	8.29	243029.64	
S2: Guatemala	D2: Sumpango	29316	8.78	257394.48	
S2: Guatemala	D3: El Tejar	29316	8.78	257394.48	
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	29316	9.14	267948.24	
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	29316	9.43	276449.88	
S2: Guatemala	D6: Patzicía	29316	9.59	281140.44	
S2: Guatemala	D7: Tecpán	29316	10.24	300195.84	
S2: Guatemala	D12: Ficticio	421988	0.00	0.00	

Escenario 21: Camión de 10 toneladas, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 21				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =4389240.96				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	156312	2.67	417353.04
S1: Xela	D9: Nahualá	156312	2.47	386090.64
S1: Xela	D10: Alaska	156312	2.37	370459.44
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	156312	2.21	345449.52
S1: Xela	D12: Ficticio	750752	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	156312	2.36	368896.32
S2: Guatemala	D2: Sumpango	156312	2.50	390780.00
S2: Guatemala	D3: El Tejar	156312	2.50	390780.00
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	156312	2.61	407974.32
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	156312	2.70	422042.40
S2: Guatemala	D6: Patzicía	156312	2.75	429858.00
S2: Guatemala	D7: Tecpán	156312	2.94	459557.28
S2: Guatemala	D12: Ficticio	473816	0.00	0.00

Escenario 22: Doble eje, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 22				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =2424177.00				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	50715	4.53	229738.95
S1: Xela	D9: Nahualá	50715	4.13	209452.95
S1: Xela	D10: Alaska	50715	3.93	199309.95
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	50715	3.62	183588.30
S1: Xela	D12: Ficticio	1345140	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	50715	4.32	219088.80
S2: Guatemala	D2: Sumpango	50715	4.37	221624.55
S2: Guatemala	D3: El Tejar	50715	4.37	221624.55
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	50715	4.45	225681.75
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	50715	4.57	231767.55
S2: Guatemala	D6: Patzicía	50715	4.63	234810.45
S2: Guatemala	D7: Tecpán	50715	4.88	247489.20
S2: Guatemala	D12: Ficticio	1056195	0.00	0.00

Escenario 23: Doble eje, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 23				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =2747788.68				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los encuentros	29316	9.17	268827.72
S1: Xela	D9: Nahualá	29316	8.41	246547.56
S1: Xela	D10: Alaska	29316	8.03	235407.48
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	29316	7.42	217524.72
S1: Xela	D12: Ficticio	570736	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	29316	8.29	243029.64
S2: Guatemala	D2: Sumpango	29316	8.38	245668.08
S2: Guatemala	D3: El Tejar	29316	8.38	245668.08
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	29316	8.56	250944.96
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	29316	8.78	257394.48
S2: Guatemala	D6: Patzicía	29316	8.91	261205.56
S2: Guatemala	D7: Tecpán	29316	9.40	275570.40
S2: Guatemala	D12: Ficticio	421988	0.00	0.00

Escenario 24: Doble eje, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 24				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =4198540.32				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	156312	2.62	409537.44
S1: Xela	D9: Nahualá	156312	2.43	379838.16
S1: Xela	D10: Alaska	156312	2.34	365770.08
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	156312	2.18	340760.16
S1: Xela	D12: Ficticio	750752	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	156312	2.36	368896.32
S2: Guatemala	D2: Sumpango	156312	2.38	372022.56
S2: Guatemala	D3: El Tejar	156312	2.38	372022.56
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	156312	2.44	381401.28
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	156312	2.50	390780.00
S2: Guatemala	D6: Patzicía	156312	2.54	397032.48
S2: Guatemala	D7: Tecpán	156312	2.69	420479.28
S2: Guatemala	D12: Ficticio	473816	0.00	0.00

Escenario 25: Plataforma, bovedilla

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 25  
 Final Iteration No.: 5  
 Objective Value (minimum cost) =2508363.90

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	50715	4.35	220610.25
S1: Xela	D9: Nahualá	50715	4.05	205395.75
S1: Xela	D10: Alaska	50715	3.93	199309.95
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	50715	3.60	182574.00
S1: Xela	D12: Ficticio	1345140	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	50715	4.73	239881.95
S2: Guatemala	D2: Sumpango	50715	4.73	239881.95
S2: Guatemala	D3: El Tejar	50715	4.73	239881.95
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	50715	4.73	239881.95
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	50715	4.73	239881.95
S2: Guatemala	D6: Patzicia	50715	4.94	250532.10
S2: Guatemala	D7: Tecpán	50715	4.94	250532.10
S2: Guatemala	D12: Ficticio	1056195	0.00	0.00

Escenario 26: Plataforma, block para muro perimetral

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 26  
 Final Iteration No.: 5  
 Objective Value (minimum cost) =2846876.76

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	29316	8.82	258567.12
S1: Xela	D9: Nahualá	29316	8.26	242150.16
S1: Xela	D10: Alaska	29316	8.02	235114.32
S1: Xela	D11: Cuatro Camino	29316	7.38	216352.08
S1: Xela	D12: Ficticio	570736	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	29316	9.11	267068.76
S2: Guatemala	D2: Sumpango	29316	9.11	267068.76
S2: Guatemala	D3: El Tejar	29316	9.11	267068.76
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	29316	9.11	267068.76
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	29316	9.11	267068.76
S2: Guatemala	D6: Patzicia	29316	9.54	279674.64
S2: Guatemala	D7: Tecpán	29316	9.54	279674.64
S2: Guatemala	D12: Ficticio	421988	0.00	0.00

Escenario 27: Plataforma, adoquín

**TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY**

Title: Escenario 27  
 Final Iteration No.: 5  
 Objective Value (minimum cost) =4345473.60

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D8: Los Encuentros	156312	2.50	390780.00
S1: Xela	D9: Nahualá	156312	2.37	370459.44
S1: Xela	D10: Alaska	156312	2.31	361080.72
S1: Xela	D11: Cutro Caminos	156312	2.16	337633.92
S1: Xela	D12: Ficticio	750752	0.00	0.00
S2: Guatemala	D1: San Lucas	156312	2.60	406411.20
S2: Guatemala	D2: Sumpango	156312	2.60	406411.20
S2: Guatemala	D3: El Tejar	156312	2.60	406411.20
S2: Guatemala	D4: Chimaltenango	156312	2.60	406411.20
S2: Guatemala	D5: Zaragoza	156312	2.60	406411.20
S2: Guatemala	D6: Patzicia	156312	2.73	426731.76
S2: Guatemala	D7: Tecpán	156312	2.73	426731.76
S2: Guatemala	D12: Ficticio	473816	0.00	0.00

D. Escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepequez, en la carretera CA-02, vía Las Victorias:

Escenario 28: Camión de 10 toneladas, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 28				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =242602.20				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	9540	4.51	43025.40
S1: Xela	D4: Colomba	9540	4.32	41212.80
S1: Xela	D5: San Martín Saca	9540	3.82	36442.80
S1: Xela	D6: Concepción Chic	9540	3.74	35679.60
S1: Xela	D7: Ficticio	1509840	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	9540	4.50	42930.00
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	9540	4.54	43311.60
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	333720	0.00	0.00

Escenario 29: Camión de 10 toneladas, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 29				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =509675.04				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	9912	9.14	90595.68
S1: Xela	D4: Colomba	9912	8.77	86928.24
S1: Xela	D5: San Martín Saca	9912	7.82	77511.84
S1: Xela	D6: Concepción Chic	9912	7.65	75826.80
S1: Xela	D7: Ficticio	648352	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	9912	8.97	88910.64
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	9912	9.07	89901.84
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	136976	0.00	0.00

Escenario 30: Camión de 10 toneladas, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 30				
Final Iteration No.: 4				
Objective Value (minimum cost) =2147154.40				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	148592	2.61	387825.12
S1: Xela	D4: Colomba	148592	2.52	374451.84
S1: Xela	D5: San Martín Saca	148592	2.28	338789.76
S1: Xela	D6: Concepción Chic	148592	2.24	332846.08
S1: Xela	D7: Ficticio	781632	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	148592	2.39	355134.88
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	148592	2.41	358106.72
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	330016	0.00	0.00

Escenario 31: Doble eje, bovedilla

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY				
Title: Escenario 31				
Final Iteration No.: 5				
Objective Value (minimum cost) =237259.80				
<input type="button" value="Next Iteration"/> <input type="button" value="All Iterations"/> <input type="button" value="Write to Printer"/>				
From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	9540	4.41	42071.40
S1: Xela	D4: Colomba	9540	4.23	40354.20
S1: Xela	D5: San Martín Saca	9540	3.77	35965.80
S1: Xela	D6: Concepción Chic	9540	3.68	35107.20
S1: Xela	D7: Ficticio	1509840	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	9540	4.37	41689.80
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	9540	4.41	42071.40
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	333720	0.00	0.00

Escenario 32: Doble eje, block para muro perimetral

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY

Title: Escenario 32  
 Final Iteration No.: 5  
 Objective Value (minimum cost) =497681.52

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	9912	8.94	88613.28
S1: Xela	D4: Colomba	9912	8.60	85243.20
S1: Xela	D5: San Martín Saca	9912	7.71	76421.52
S1: Xela	D6: Concepción Chic	9912	7.55	74835.60
S1: Xela	D7: Ficticio	648352	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	9912	8.66	85837.92
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	9912	8.75	86730.00
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	136976	0.00	0.00

Escenario 33: Doble eje, adoquín

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY

Title: Escenario 33  
 Final Iteration No.: 4  
 Objective Value (minimum cost) =2104062.72

Next Iteration   All Iterations   Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: Xela	D3: Las Victorias	148592	2.56	380395.52
S1: Xela	D4: Colomba	148592	2.48	368508.16
S1: Xela	D5: San Martín Saca	148592	2.26	335817.92
S1: Xela	D6: Concepción Chic	148592	2.22	329874.24
S1: Xela	D7: Ficticio	781632	0.00	0.00
S2: Suchitepequez	D1: Retalhuleu	148592	2.31	343247.52
S2: Suchitepequez	D2: El Asintal	148592	2.33	346219.36
S2: Suchitepequez	D7: Ficticio	330016	0.00	0.00

Escenario 34: Plataforma, bovedilla

**No se realizó este escenario ya que no se manejan plataformas por esta ruta.**

Escenario 35: Plataforma, block para muro perimetral

**No se realizó este escenario de transporte ya que no se manejan plataformas por esta ruta.**

Escenario 36: Plataforma, adoquín

**No se realizó este escenario de transporte ya que no se manejan plataformas por esta ruta.**

## APÉNDICE IV: IMÁGENES DE LAS DISTRIBUCIONES ÓPTIMAS

A. Resultados de los escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía El Zarco:

A continuación se muestra la solución de forma gráfica para los siguientes escenarios: escenario 1 (camión de 10 toneladas, bovedilla), escenario 2 (camión de 10 toneladas, block para muro perimetral), escenario 4 (doble eje, bovedilla) y escenario 5 (doble eje, block para muro perimetral):



Para el escenario 3 (camión de 10 toneladas, adoquín) y el escenario 6 (doble eje, adoquín):



Para el escenario 7 (plataforma, bovedilla) y el escenario 8 (plataforma, block para muro perimetral):



Para el escenario 9 (plataforma, adoquín):



**B. Resultados de los escenarios de la ruta entre las plantas de Guatemala y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía Río Bravo:**

A continuación se muestra la solución de forma gráfica para los siguientes escenarios: escenario 10 (camión de 10 toneladas, bovedilla), escenario 12 (camión de 10 toneladas, adoquín), escenario 15 (doble eje, adoquín), escenario 16 (plataforma, bovedilla), escenario 17 (plataforma, block para muro perimetral) y escenario 18 (plataforma, adoquín):



Para los escenarios siguientes: escenario 11 (camión de 10 toneladas, block para muro perimetral), escenario 13 (doble eje, bovedilla), escenario 14 (doble eje, block para muro perimetral):



C. Resultados de los escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Guatemala, en la Carretera CA-04:

A continuación se muestra la solución de forma gráfica para los siguientes escenarios: escenario 19 (camión de 10 toneladas, bovedilla), escenario 20 (camión de 10 toneladas, block para muro perimetral), escenario 21 (camión de 10 toneladas, adoquín), escenario 22 (doble eje, bovedilla), escenario 23 (doble eje, block para muro perimetral), escenario 24 (doble eje, adoquín), escenario 25 (plataforma, bovedilla), escenario 26 (plataforma, block para muro perimetral) y escenario 27 (plataforma, adoquín):



**D. Resultados de los escenarios de la ruta entre las plantas de Quetzaltenango y Suchitepéquez, en la carretera CA-02, vía Las Victorias:**

A continuación se muestra la solución de forma gráfica para los siguientes escenarios: escenario 28 (camión de 10 toneladas, bovedilla), escenario 29 (camión de 10 toneladas, block para muro perimetral), escenario 30 (camión de 10 toneladas, adoquín), escenario 31 (doble eje, bovedilla), escenario 32 (doble eje, block para muro perimetral) y escenario 33 (doble eje, adoquín):



## APÉNDICE V: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

### Ruta 1: Xela - Suchi Vía IRTRA

#### Adoquín y Camión de 10 ton.

#### Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Xela

Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.				
Adoquín Xela	1.55	15%	0.57%	Q1.79				
Adoquín Suchi	1.51	28%	0.51%	Q1.94				

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Flete desde Suchi	Q 445.83	Q 445.83	Q 445.83	Q 550.00	Q 680.00	Q 710.00	Q 700.00
Capacidad Transporte Xela	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacidad Transporte Suchi	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9%	Q 2.43	Q 2.40	Q 2.38	Q 2.26	Q 2.06	Q 2.03	Q 2.04
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
11%	Q 2.46	Q 2.43	Q 2.41	Q 2.29	Q 2.09	Q 2.06	Q 2.07
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
13%	Q 2.49	Q 2.46	Q 2.44	Q 2.32	Q 2.13	Q 2.09	Q 2.10
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
15%	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.47	Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
17%	Q 2.55	Q 2.53	Q 2.50	Q 2.38	Q 2.19	Q 2.16	Q 2.17
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
19%	Q 2.59	Q 2.56	Q 2.53	Q 2.41	Q 2.22	Q 2.19	Q 2.20
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64
21%	Q 2.62	Q 2.59	Q 2.56	Q 2.44	Q 2.25	Q 2.22	Q 2.23
	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.49	Q 2.62	Q 2.65	Q 2.64

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	Q 730.00	Q 702.00	Q 676.00	Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00
Flete desde Suchi	Q 445.83	Q 445.83	Q 445.83	Q 550.00	Q 680.00	Q 710.00	Q 700.00
Capacidad Transporte Xela	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacidad Transporte Suchi	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela	Xela
11%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
13%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
15%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
17%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
19%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
21%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela

**Adoquín y Camión de Doble Eje**

**Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Xela**

Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.				
Adoquín Xela	1.55	15%	0.57%	Q1.79				
Adoquín Suchi	1.51	28%	0.51%	Q1.94				
	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel	
Flete desde Xela	Q 1,200.00	Q 1,160.00	Q 1,115.00	Q 920.00	Q 600.00	Q 550.00	Q 565.00	
Flete desde Suchi	Q 641.67	Q 641.67	Q 641.67	Q 717.29	Q 886.83	Q 936.83	Q 921.83	
Capacidad Transporte Xela	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
9%	Q 2.38	Q 2.36	Q 2.34	Q 2.22	Q 2.04	Q 2.01	Q 2.02	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
11%	Q 2.42	Q 2.39	Q 2.37	Q 2.26	Q 2.07	Q 2.04	Q 2.05	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
13%	Q 2.45	Q 2.42	Q 2.40	Q 2.29	Q 2.10	Q 2.08	Q 2.08	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
15%	Q 2.48	Q 2.46	Q 2.43	Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
17%	Q 2.51	Q 2.49	Q 2.46	Q 2.35	Q 2.17	Q 2.14	Q 2.15	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
19%	Q 2.54	Q 2.52	Q 2.49	Q 2.38	Q 2.20	Q 2.17	Q 2.18	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	
21%	Q 2.57	Q 2.55	Q 2.52	Q 2.41	Q 2.23	Q 2.20	Q 2.21	
	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.35	Q 2.45	Q 2.48	Q 2.47	

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	Q 1,200.00	Q 1,160.00	Q 1,115.00	Q 920.00	Q 600.00	Q 550.00	Q 565.00
Flete desde Suchi	Q 641.67	Q 641.67	Q 641.67	Q 717.29	Q 886.83	Q 936.83	Q 921.83
Capacidad Transporte Xela	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
9%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
11%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
13%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
15%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
17%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
19%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela
21%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela

<b>Adoquín y Plataforma</b>							
<b>Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Xela</b>							
<b>Producto</b>	<b>CPU</b>	<b>GIF</b>	<b>% Desperdicio</b>	<b>Costo prod.</b>			
<b>Adoquín Xela</b>	1.55	15%	0.57%	<b>Q1.79</b>			
<b>Adoquín Suchi</b>	1.51	28%	0.51%	<b>Q1.94</b>			
	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	<b>Q 1,625.00</b>	<b>Q 1,550.00</b>	<b>Q 1,475.00</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	No ingresa	<b>Q 825.00</b>
Flete desde Suchi	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,145.83</b>	<b>Q 1,416.67</b>	No ingresa	<b>Q 1,490.67</b>
Capacidad Transporte Xela	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Capacidad Transporte Suchi	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
9%	Q 2.32	Q 2.30	Q 2.27	Q 2.16	Q 2.05	#IVALOR!	Q 2.02
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
11%	Q 2.36	Q 2.33	Q 2.30	Q 2.19	Q 2.08	#IVALOR!	Q 2.05
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
13%	Q 2.39	Q 2.36	Q 2.33	Q 2.22	Q 2.11	#IVALOR!	Q 2.08
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
15%	Q 2.42	Q 2.39	Q 2.36	Q 2.25	Q 2.14	#IVALOR!	Q 2.11
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
17%	Q 2.45	Q 2.42	Q 2.39	Q 2.29	Q 2.17	#IVALOR!	Q 2.14
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
19%	Q 2.48	Q 2.45	Q 2.42	Q 2.32	Q 2.20	#IVALOR!	Q 2.17
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54
21%	Q 2.51	Q 2.48	Q 2.45	Q 2.35	Q 2.23	#IVALOR!	Q 2.20
	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.40	Q 2.51	#IVALOR!	Q 2.54

	El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Cantel
Flete desde Xela	<b>Q 1,625.00</b>	<b>Q 1,550.00</b>	<b>Q 1,475.00</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	No ingresa	<b>Q 825.00</b>
Flete desde Suchi	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,145.83</b>	<b>Q 1,416.67</b>	No ingresa	<b>Q 1,490.67</b>
Capacidad Transporte Xela	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Capacidad Transporte Suchi	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
9%	Xela	Xela	Xela	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
11%	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
13%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
15%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
17%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
19%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela
21%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	#IVALOR!	Xela

Ruta 2: Xela - Suchi Vía Las Victorias						
<i>Adoquín y Camión de Doble Eje</i>						
Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Suchi						
Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.		
Adoquín Xela	1.55	15%	0.57%	Q1.79		
Adoquín Suchi	1.51	28%	0.51%	Q1.94		
	Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Flete desde Xela	Q1,835.00	Q1,800.00	Q 1,350.00	Q1,200.00	Q 810.00	Q 740.00
Flete desde Suchi	Q 642.00	Q 685.00	Q 1,096.00	Q1,228.00	Q 1,595.00	Q 1,725.00
Capacidad Transporte Xela	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750
20%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.19	Q 2.21	Q 2.45	Q 2.52	Q 2.73	Q 2.81
22%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.22	Q 2.24	Q 2.48	Q 2.55	Q 2.76	Q 2.84
24%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.25	Q 2.27	Q 2.51	Q 2.58	Q 2.79	Q 2.87
26%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.28	Q 2.30	Q 2.54	Q 2.61	Q 2.82	Q 2.90
28%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.31	Q 2.33	Q 2.57	Q 2.64	Q 2.85	Q 2.93
30%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.34	Q 2.36	Q 2.60	Q 2.67	Q 2.88	Q 2.96
32%	Q 2.84	Q 2.82	Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22
	Q 2.37	Q 2.39	Q 2.63	Q 2.71	Q 2.91	Q 2.99

	Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa
Flete desde Xela	Q1,835.00	Q1,800.00	Q 1,350.00	Q1,200.00	Q 810.00	Q 740.00
Flete desde Suchi	Q 642.00	Q 685.00	Q 1,096.00	Q1,228.00	Q 1,595.00	Q 1,725.00
Capacidad Transporte Xela	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750
20%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela
22%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela
24%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela
26%	Suchi	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela
28%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
30%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela
32%	Suchi	Suchi	Xela	Xela	Xela	Xela

**Ruta 3: Suchi - Guate Vía Río Bravo**

**Bovedilla y Camión de Doble Eje**

**Análisis de Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Suchi**

Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.
Bovedilla Suchi	2.89	28%	1.69%	Q3.76
Bovedilla Guate	2.83	22%	1.80%	Q3.51

	Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Flete desde Suchi	Q 456.46	Q 588.33	Q 743.38	Q 834.67	Q 1,147.67	Q 1,395.46	Q 1,499.79	Q 1,643.25
Flete desde Guate	Q 1,670.40	Q 1,500.75	Q 1,174.50	Q 1,070.10	Q 743.85	Q 758.00	Q 758.00	Q 524.00
Capacidad Transporte Suchi	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Capacidad Transporte Guate	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
20%	Q 3.96	Q 4.09	Q 4.23	Q 4.32	Q 4.62	Q 4.86	Q 4.95	Q 5.09
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
22%	Q 4.02	Q 4.15	Q 4.29	Q 4.38	Q 4.68	Q 4.91	Q 5.01	Q 5.15
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
24%	Q 4.08	Q 4.20	Q 4.35	Q 4.44	Q 4.74	Q 4.97	Q 5.07	Q 5.21
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
26%	Q 4.14	Q 4.26	Q 4.41	Q 4.50	Q 4.80	Q 5.03	Q 5.13	Q 5.27
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
28%	Q 4.20	Q 4.32	Q 4.47	Q 4.56	Q 4.85	Q 5.09	Q 5.19	Q 5.33
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
30%	Q 4.26	Q 4.38	Q 4.53	Q 4.62	Q 4.91	Q 5.15	Q 5.25	Q 5.39
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01
32%	Q 4.31	Q 4.44	Q 4.59	Q 4.67	Q 4.97	Q 5.21	Q 5.31	Q 5.44
	Q 5.11	Q 4.94	Q 4.63	Q 4.53	Q 4.22	Q 4.24	Q 4.24	Q 4.01

	Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva
Flete desde Suchi	Q 456.46	Q 588.33	Q 743.38	Q 834.67	Q 1,147.67	Q 1,395.46	Q 1,499.79	Q 1,643.25
Flete desde Guate	Q 1,670.40	Q 1,500.75	Q 1,174.50	Q 1,070.10	Q 743.85	Q 758.00	Q 758.00	Q 524.00
Capacidad Transporte Suchi	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Capacidad Transporte Guate	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
20%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate
22%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate
24%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate
26%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate
28%	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	Guate
30%	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	Guate
32%	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	Guate



**Adoquín y Camión de Doble Eje**

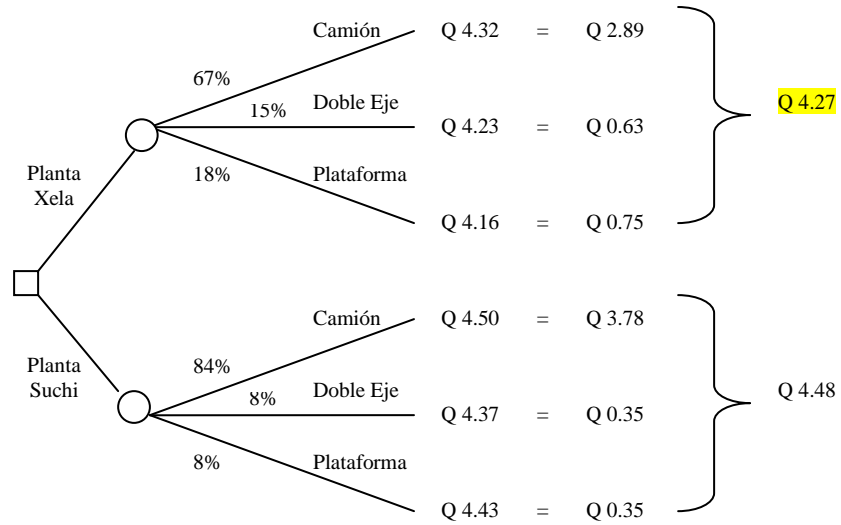
**Análisis Sensibilidad: Cambio en el GIF Planta Suchi**

Producto	CPU	GIF	% Desperdicio	Costo prod.					
Adoquín Suchi	1.51	28%	0.51%	Q1.94					
Adoquín Guate	1.52	22%	0.97%	Q1.87					
	Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva	
Flete desde Suchi	Q 456.46	Q 588.33	Q 743.38	Q 834.67	Q 1,147.67	Q 1,395.46	Q 1,499.79	Q 1,643.25	
Flete desde Guate	Q 1,670.40	Q 1,500.75	Q 1,174.50	Q 1,070.10	Q 743.85	Q 758.00	Q 758.00	Q 524.00	
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
Capacidad Transporte Guate	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
20%	Q 2.08	Q 2.16	Q 2.25	Q 2.30	Q 2.48	Q 2.62	Q 2.68	Q 2.76	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
22%	Q 2.11	Q 2.19	Q 2.28	Q 2.33	Q 2.51	Q 2.65	Q 2.71	Q 2.79	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
24%	Q 2.14	Q 2.22	Q 2.31	Q 2.36	Q 2.54	Q 2.68	Q 2.74	Q 2.82	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
26%	Q 2.17	Q 2.25	Q 2.34	Q 2.39	Q 2.57	Q 2.71	Q 2.77	Q 2.85	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
28%	Q 2.20	Q 2.28	Q 2.37	Q 2.42	Q 2.60	Q 2.74	Q 2.80	Q 2.88	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
30%	Q 2.23	Q 2.31	Q 2.40	Q 2.45	Q 2.63	Q 2.77	Q 2.83	Q 2.91	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	
32%	Q 2.26	Q 2.34	Q 2.43	Q 2.48	Q 2.66	Q 2.80	Q 2.86	Q 2.94	
	Q 2.83	Q 2.73	Q 2.54	Q 2.48	Q 2.30	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.17	

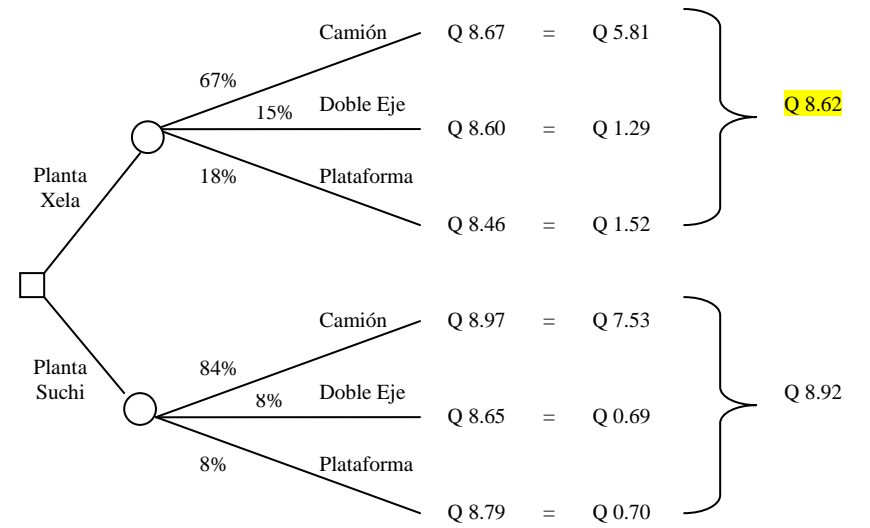
	Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva	
Flete desde Suchi	Q 456.46	Q 588.33	Q 743.38	Q 834.67	Q 1,147.67	Q 1,395.46	Q 1,499.79	Q 1,643.25	
Flete desde Guate	Q 1,670.40	Q 1,500.75	Q 1,174.50	Q 1,070.10	Q 743.85	Q 758.00	Q 758.00	Q 524.00	
Capacidad Transporte Suchi	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
Capacidad Transporte Guate	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
20%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
22%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
24%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
26%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
28%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
30%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	
32%	Suchi	Suchi	Suchi	Suchi	Guate	Guate	Guate	Guate	

## APÉNDICE VI: ÁRBOLES DE DECISIÓN

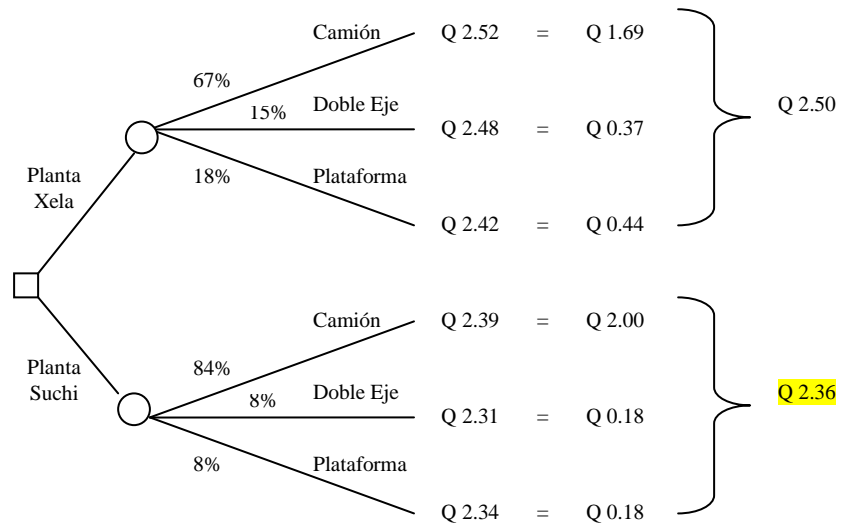
Árbol 1: El Zarco, bovedilla

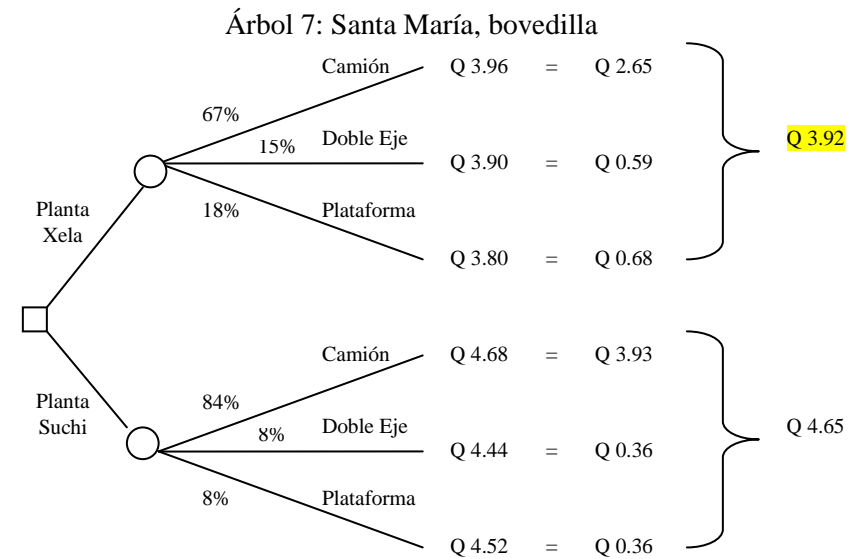
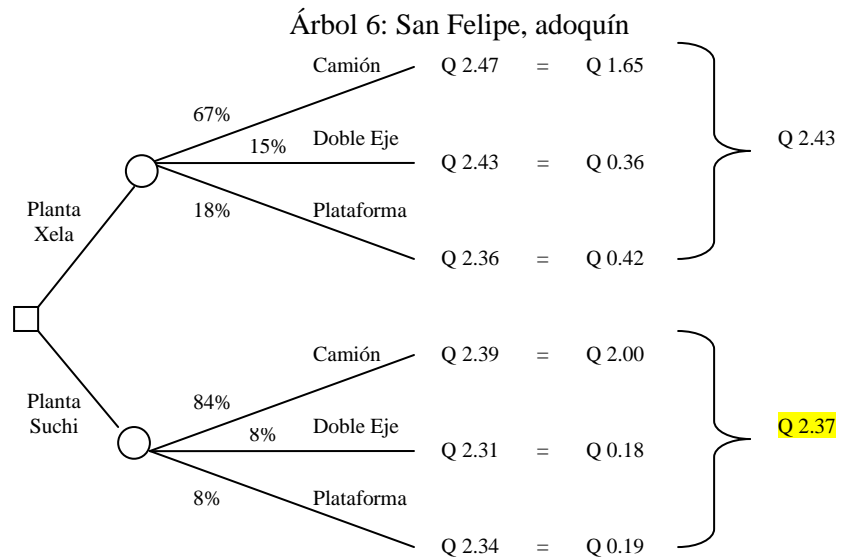
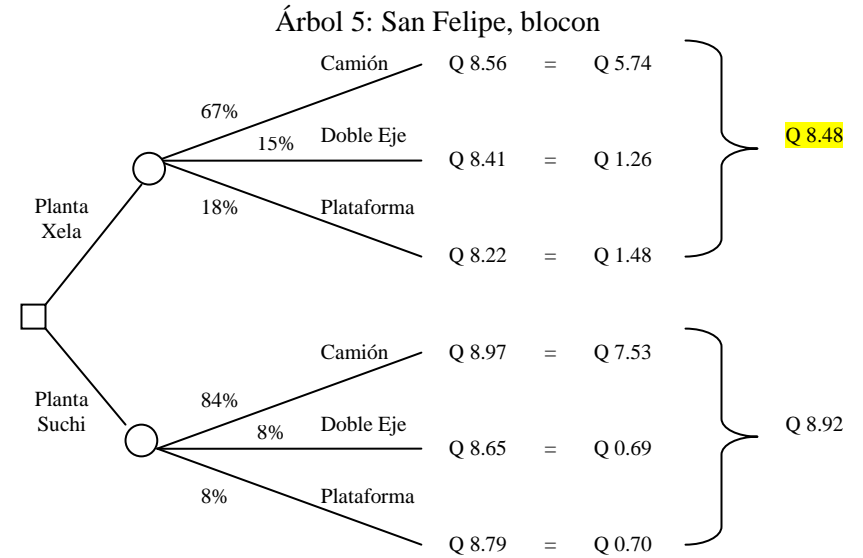
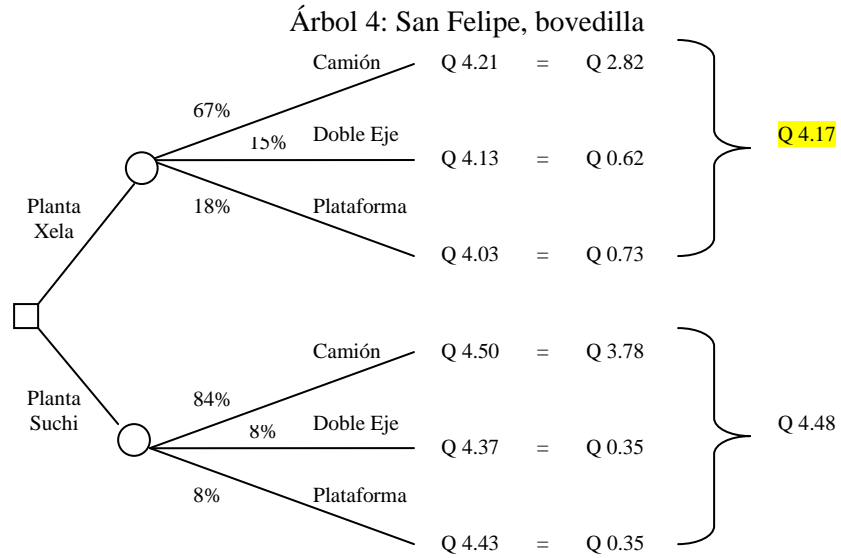


Árbol 2: El Zarco, blocon

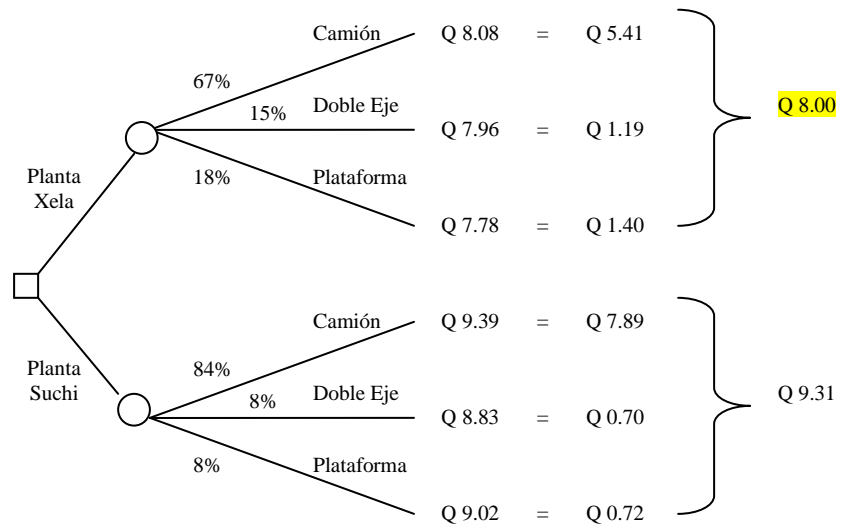


Árbol 3: El Zarco, adoquín

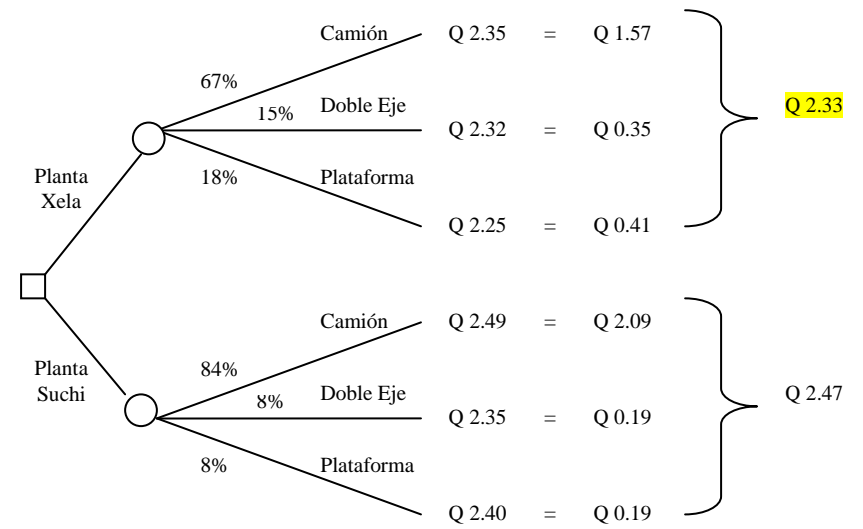




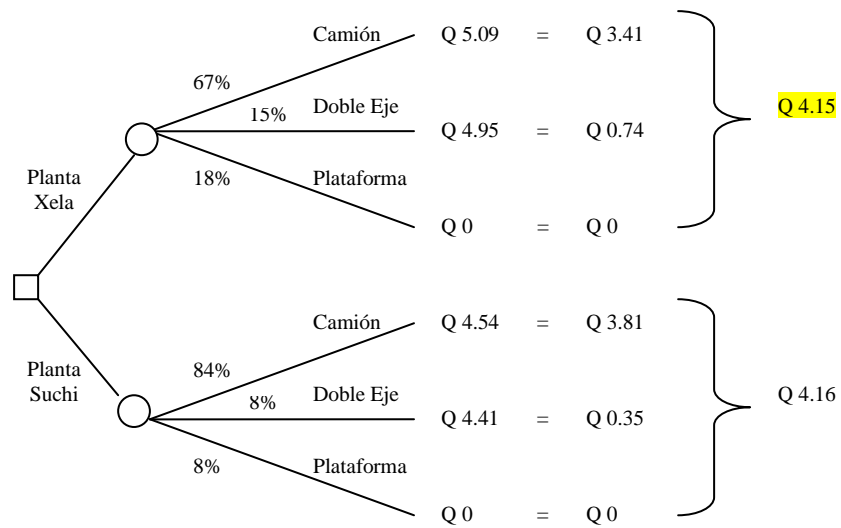
Árbol 8: Santa María, blocon



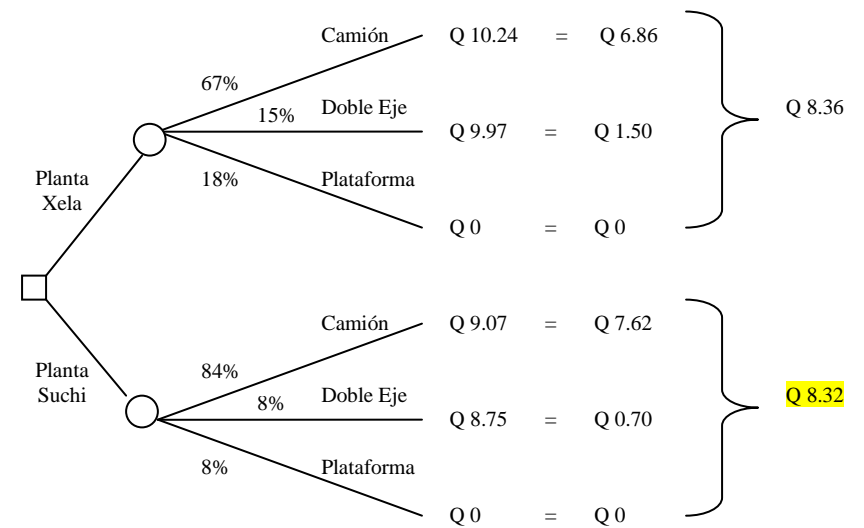
Árbol 9: Santa María, adoquín



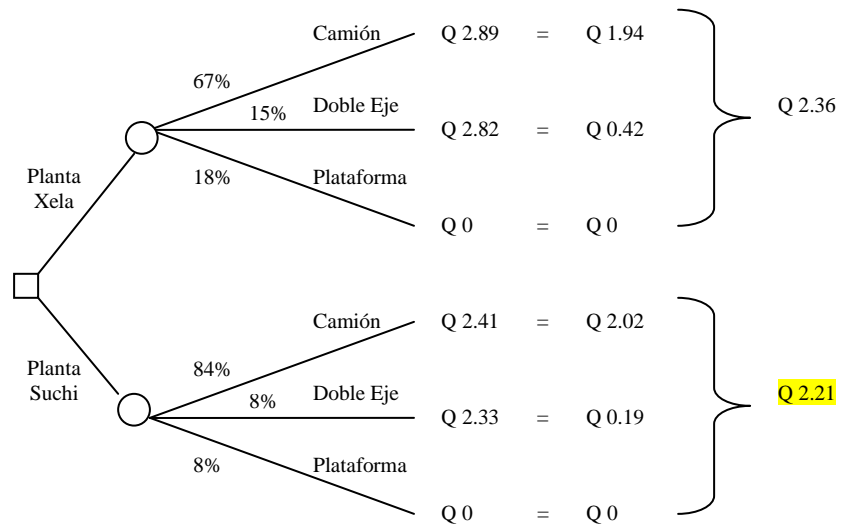
Árbol 10: El Asintal, bovedilla



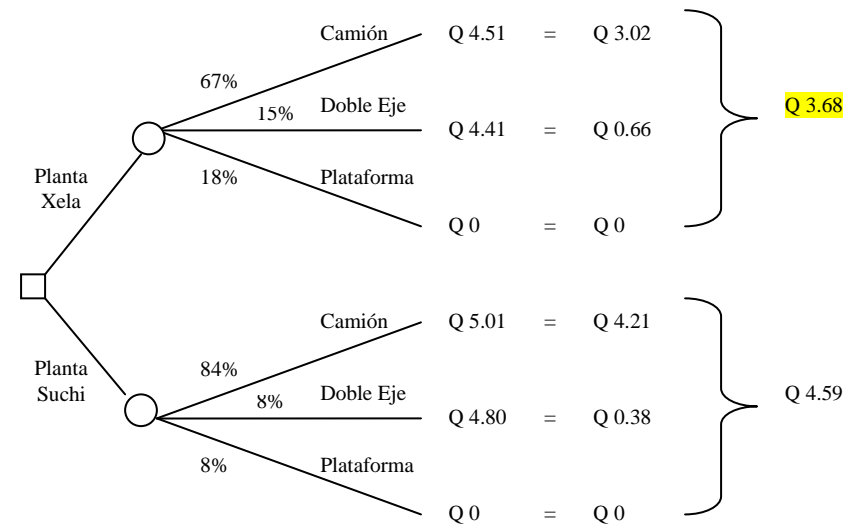
Árbol 11: El Asintal, blocon



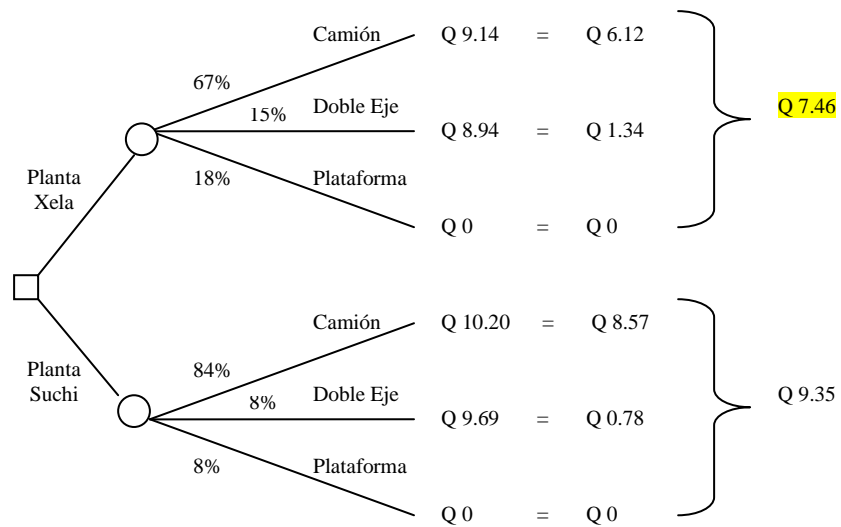
Árbol 12: El Asintal, adoquín



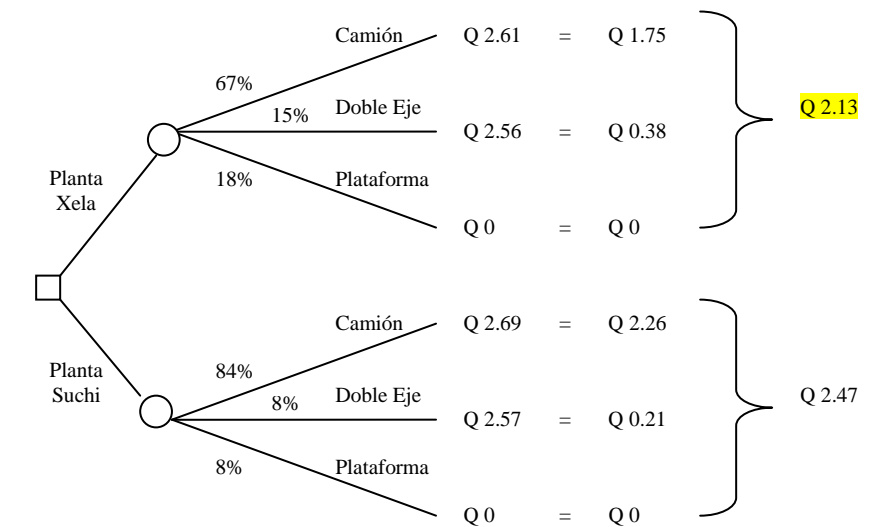
Árbol 13: Las Victorias, bovedilla



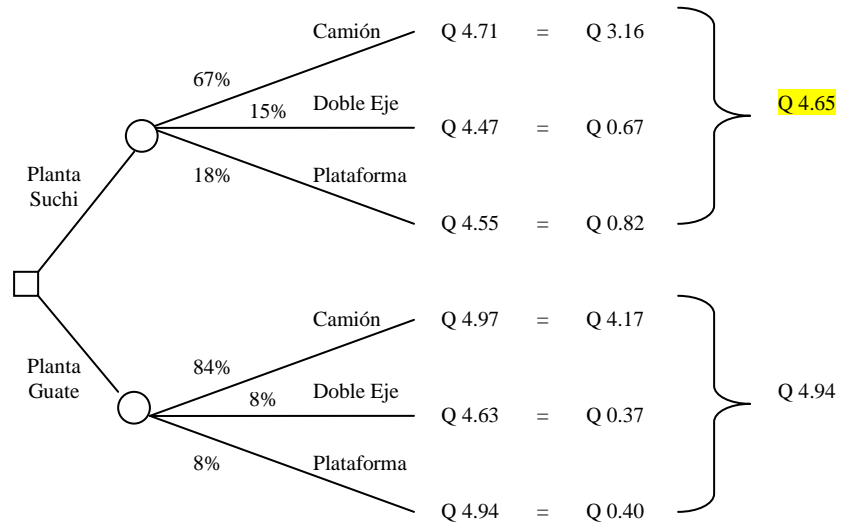
Árbol 14: Las Victorias, blocon



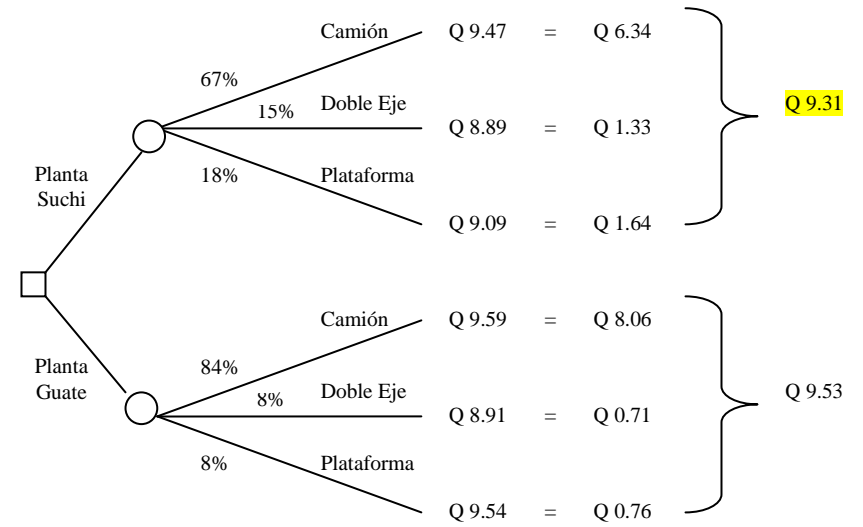
Árbol 15: Las Victorias, adoquín



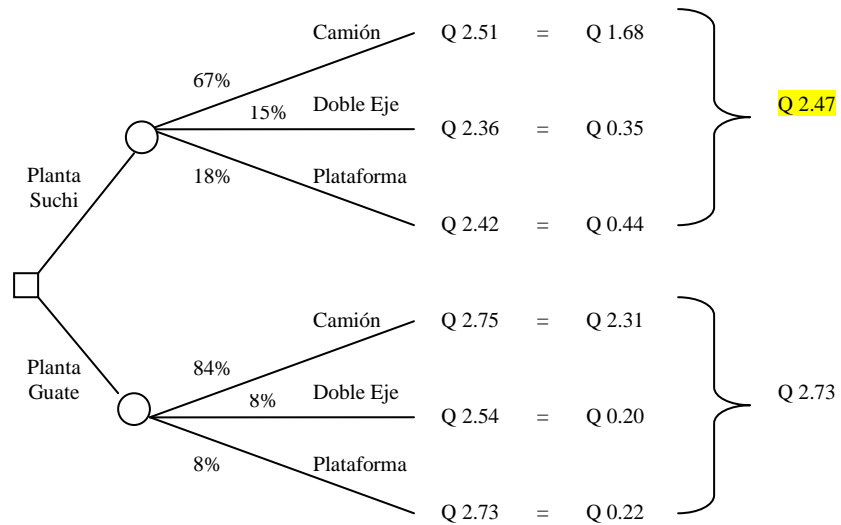
Árbol 16: Santa Lucía, bovedilla



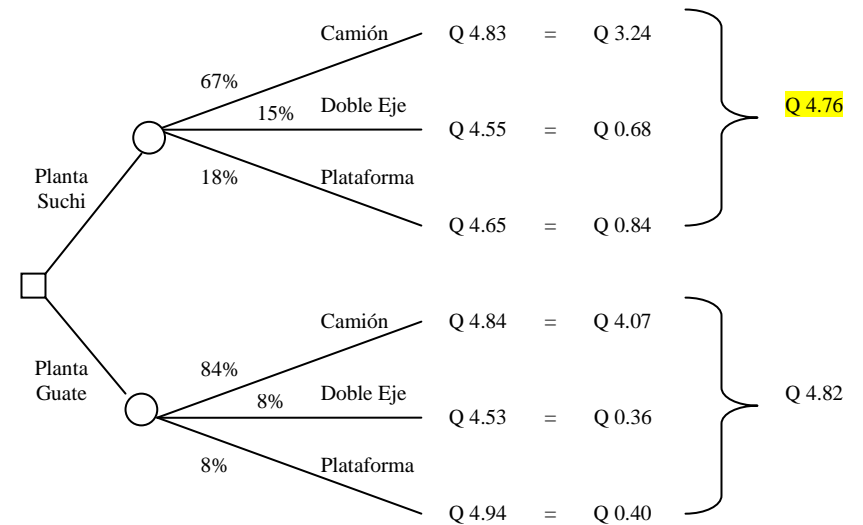
Árbol 17: Santa Lucía, blocon



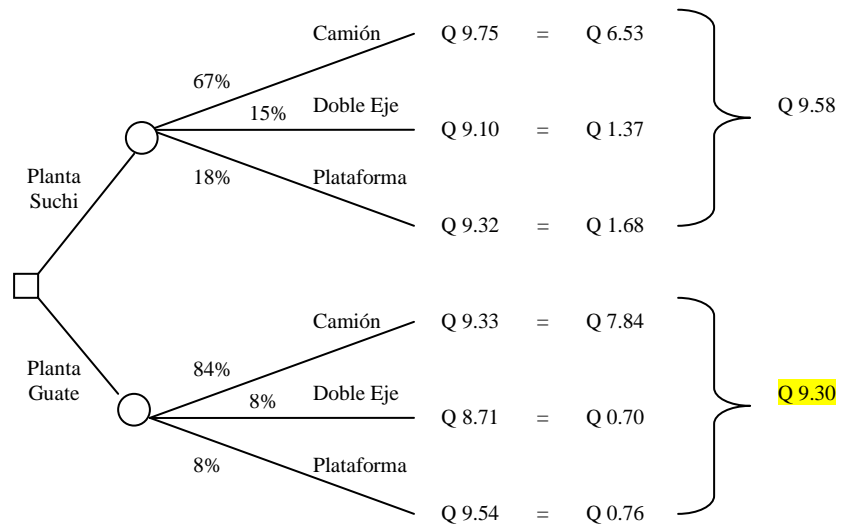
Árbol 18: Santa Lucía, adoquín



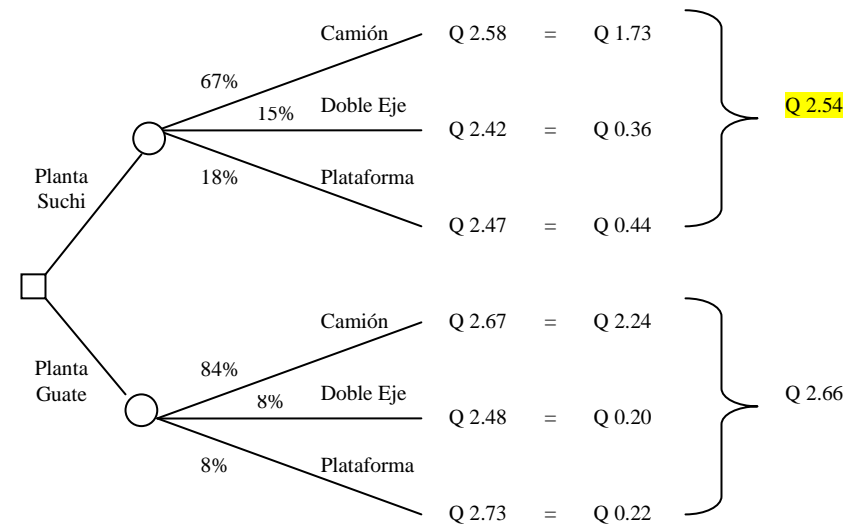
Árbol 19: Siquinalá, bovedilla



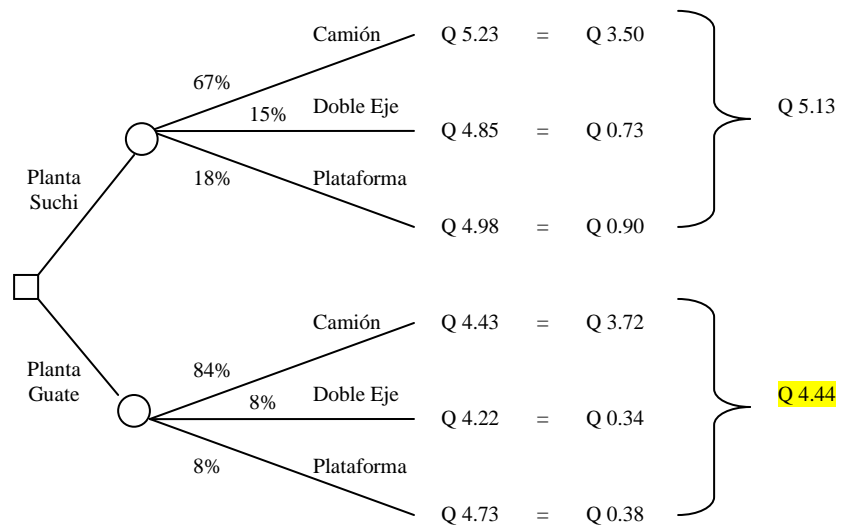
Árbol 20: Siquinalá, blocon



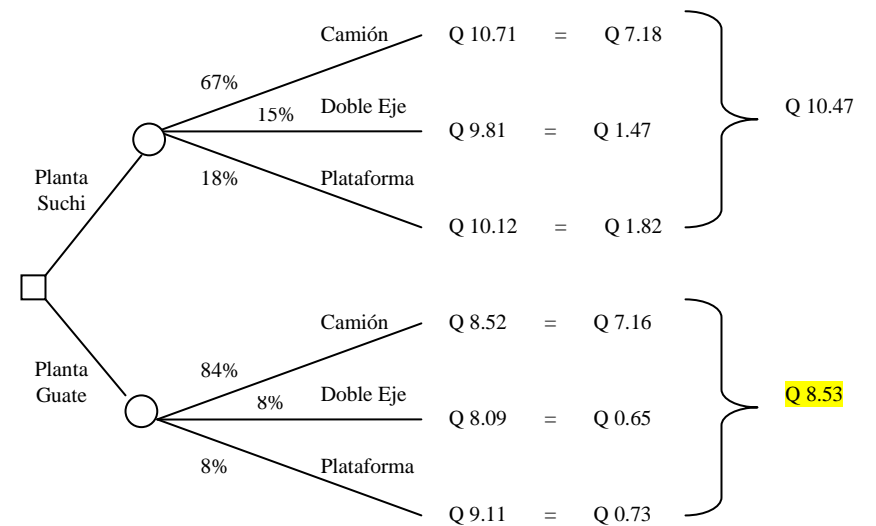
Árbol 21: Siquinalá, adoquín



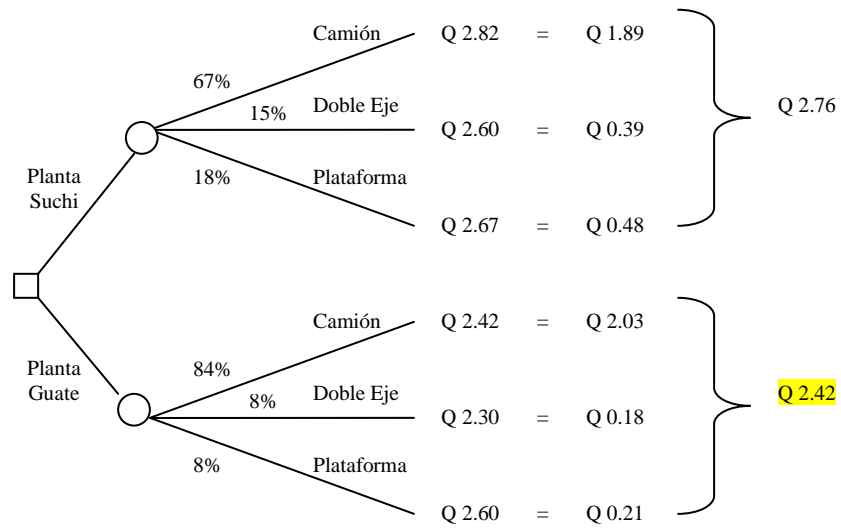
Árbol 22: Escuintla, bovedilla



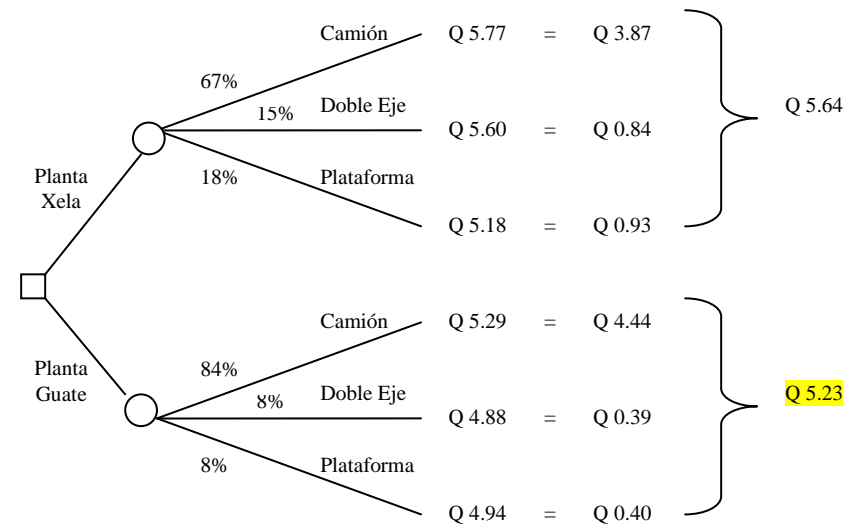
Árbol 23: Escuintla, blocon



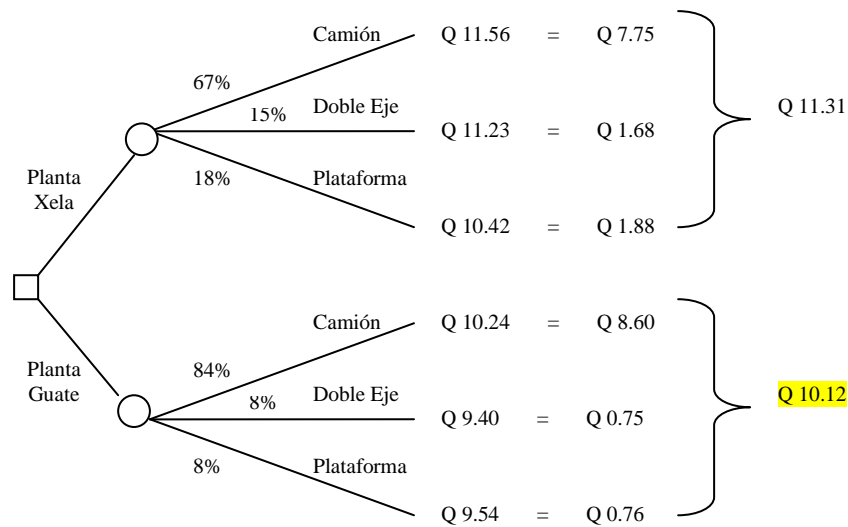
Árbol 24: Escuintla, adoquín



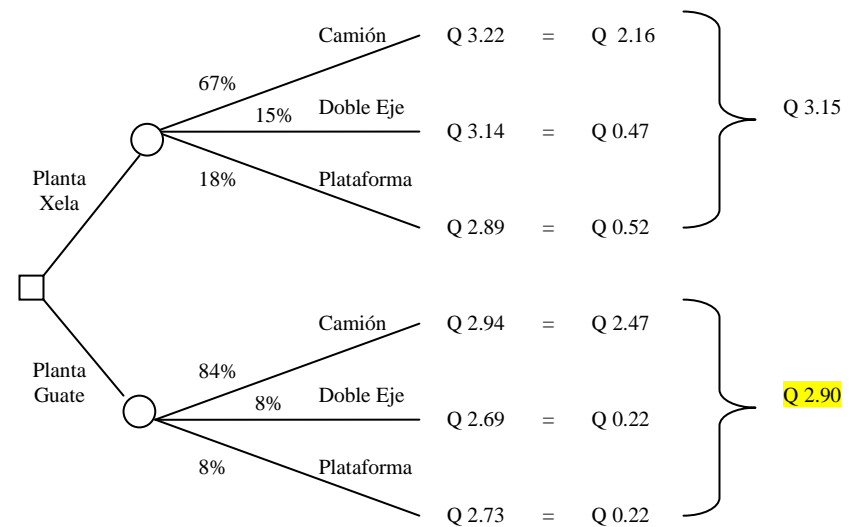
Árbol 25: Tecpán, bovedilla



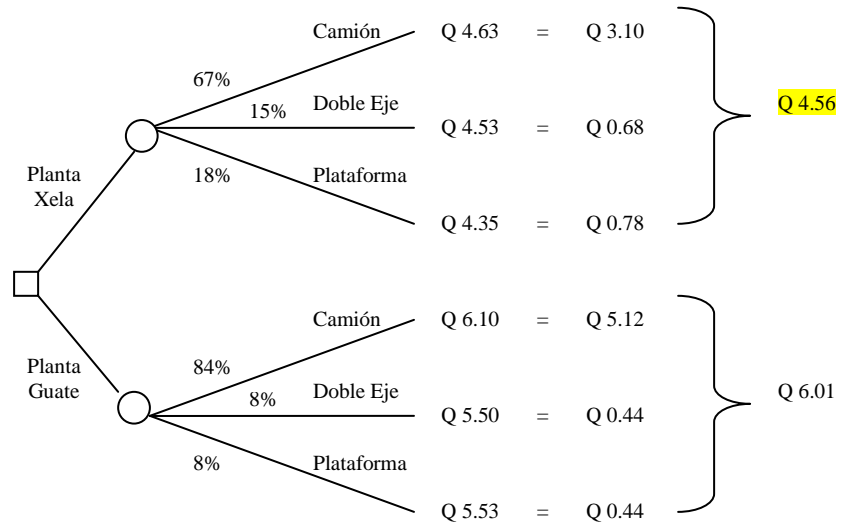
Árbol 26: Tecpán, blocon



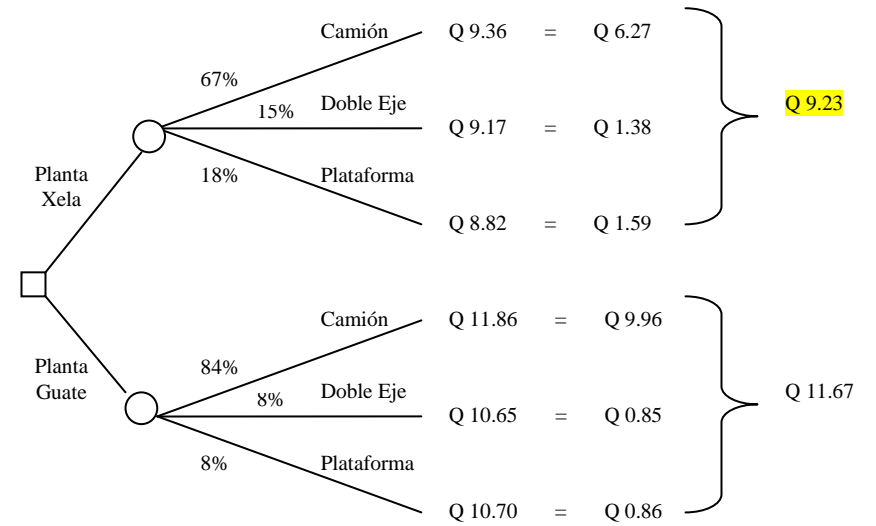
Árbol 27: Tecpán, adoquín



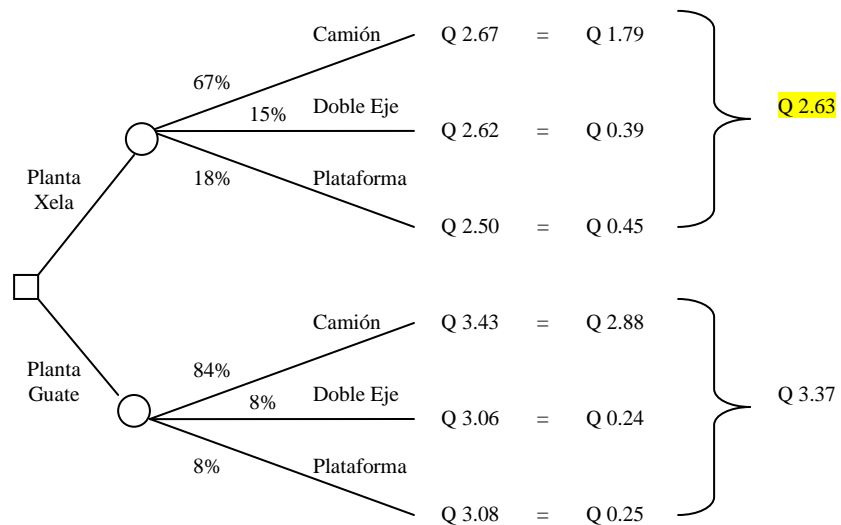
Árbol 28: Los Encuentros, bovedilla



Árbol 29: Los Encuentros, blocon



Árbol 30: Los Encuentros, adoquín



## APÉNDICE VII: SIMULACIONES

Ruta 1: Carretera CA-02 vía El Zarco

Datos históricos					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zumil	Almolonga	Cantel	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP				Q 556.00	Q 364.00	Q 333.00	Q 343.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80				Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52	Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86				Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23	Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79				Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748	Q214,230.41
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP				Q 920.00	Q 600.00	Q 550.00	Q 565.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80				Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48	Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86				Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15	Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79				Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	Q 2.17	97,748	Q212,024.09
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP				Q 1,200.00	Q 900.00	No ingresa	Q 825.00	CT	Unidades	VT
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80				Q 3.80	Q 3.55	No ingresa	Q 3.49	Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86				Q 7.78	Q 7.30	No ingresa	Q 7.18	Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79				Q 2.25	Q 2.14	No ingresa	Q 2.11	Q 2.17	97,748	Q211,884.45
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 445.83	Q 445.83	Q 445.83					CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.50	Q 4.50					Q 4.50	1,051	Q 4,731.99
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 8.97	Q 8.97					Q 8.97	1,450	Q 13,014.92
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39					Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 641.67	Q 641.67	Q 641.67					CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.37					Q 4.37	1,051	Q 4,593.34
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.65	Q 8.65	Q 8.65					Q 8.65	1,450	Q 12,553.20
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31					Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q1,000.00	Q 1,000.00	Q1,000.00					CT	Unidades	VT
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.43	Q 4.43	Q 4.43					Q 4.43	1,051	Q 4,651.72
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.79	Q 8.79	Q 8.79					Q 8.79	1,450	Q 12,749.02
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34					Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
<b>TOTAL</b>													<b>Q909,954.30</b>	

<b>Modelo</b>					El Zarco	San Martín Zapotitlán	San Felipe (Retalhuleu)	Santa María de Jesús	Zunil	Almolonga	Canfel	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 730.00</b>	<b>Q 702.00</b>	<b>Q 676.00</b>	<b>Q 556.00</b>	<b>Q 364.00</b>	<b>Q 333.00</b>	<b>Q 343.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80	Q 4.32	Q 4.27	Q 4.21	Q 3.96	Q 3.56	Q 3.50	Q 3.52	Q 3.64	4,927	Q 17,908.65
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86	Q 8.78	Q 8.67	Q 8.56	Q 8.08	Q 7.32	Q 7.19	Q 7.23	Q 7.46	5,488	Q 40,917.76
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79				Q 2.35	Q 2.16	Q 2.13	Q 2.14	Q 2.19	97,748	Q214,230.41
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 1,160.00</b>	<b>Q 1,115.00</b>	<b>Q 920.00</b>	<b>Q 600.00</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 565.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80	Q 4.23	Q 4.18	Q 4.13	Q 3.90	Q 3.52	Q 3.46	Q 3.48	Q 3.59	4,927	Q 17,676.99
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86	Q 8.60	Q 8.51	Q 8.41	Q 7.96	Q 7.23	Q 7.12	Q 7.15	Q 7.36	5,488	Q 40,412.84
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79				Q 2.32	Q 2.14	Q 2.11	Q 2.12	Q 2.17	97,748	Q212,024.09
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,625.00</b>	<b>Q 1,550.00</b>	<b>Q 1,475.00</b>	<b>Q 1,200.00</b>	<b>Q 900.00</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 825.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80	Q 4.16	Q 4.10	Q 4.03	Q 3.80	Q 3.55	No ingresa	Q 3.49	Q 3.62	4,927	Q 17,816.28
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86	Q 8.46	Q 8.34	Q 8.22	Q 7.78	Q 7.30	No ingresa	Q 7.18	Q 7.42	5,488	Q 40,720.19
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79				Q 2.25	Q 2.14	No ingresa	Q 2.11	Q 2.17	97,748	Q211,884.45
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 445.83</b>	<b>Q 550.00</b>	<b>Q 680.00</b>	<b>Q 710.00</b>	<b>Q 700.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76								Q 4.27	1,051	Q 4,484.70
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19								Q 8.67	1,450	Q 12,575.73
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.39	Q 2.39					Q 2.39	6,266	Q 14,950.59
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 641.67</b>	<b>Q 717.29</b>	<b>Q 886.83</b>	<b>Q 936.83</b>	<b>Q 921.83</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76								Q 4.18	1,051	Q 4,395.47
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19								Q 8.50	1,450	Q 12,334.86
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.31	Q 2.31					Q 2.31	6,266	Q 14,454.50
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,000.00</b>	<b>Q 1,145.83</b>	<b>Q 1,416.67</b>	<b>No ingresa</b>	<b>Q 1,490.67</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76								Q 4.10	1,051	Q 4,303.73
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19								Q 8.34	1,450	Q 12,096.13
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.34	Q 2.34	Q 2.34					Q 2.34	6,266	Q 14,663.38
													<b>TOTAL</b>	<b>Q907,850.73</b>

Ruta 2: Carretera CA-02 vía Las Victorias

<b>Datos históricos</b>					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80			Q 2.80	Q 4.32	Q 3.82	Q 3.74	Q 3.96	7,390	Q 29,259.96
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86			Q 5.86	Q 8.77	Q 7.82	Q 7.65	Q 8.08	8,232	Q 66,502.43
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79			Q 1.79	Q 2.52	Q 2.28	Q 2.24	Q 2.35	146,622	Q 344,169.77
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q1,835.00	Q 1,800.00	Q1,350.00	Q 1,200.00	Q 810.00	Q 740.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80			Q 2.80	Q 4.23	Q 3.77	Q 3.68	Q 3.90	7,390	Q 28,784.89
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86			Q 5.86	Q 8.60	Q 7.71	Q 7.55	Q 7.95	8,232	Q 65,466.67
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79			Q 1.79	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22	Q 2.32	146,622	Q 339,645.43
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 445.00	Q 470.00	Q 752.00				CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.54	Q 5.01				Q 4.69	1,226	Q 5,745.17
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 9.07	Q 10.20				Q 9.41	2,176	Q 20,481.96
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.41	Q 2.69				Q 2.50	3,133	Q 7,818.92
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 642.00	Q 685.00	Q1,096.00				CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.41	Q 4.80				Q 4.53	1,226	Q 5,552.81
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.66	Q 8.75	Q 9.69				Q 9.03	2,176	Q 19,657.96
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.33	Q 2.57				Q 2.40	3,133	Q 7,523.97
												<b>TOTAL</b>	<b>Q 940,609.95</b>

<b>Modelo</b>					Retalhuleu	El Asintal	Las Victorias	Colomba	San Martín Sacatepequez	Concepción Chiquirichapa	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q1,116.00	Q 1,096.00	Q 820.00	Q 728.00	Q 489.00	Q 447.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80			Q 4.51	Q 4.32	Q 3.82	Q 3.74	Q 3.96	7,390	Q 29,259.96
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86			Q 9.14	Q 8.77	Q 7.82	Q 7.65	Q 8.08	8,232	Q 66,502.43
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79			Q 2.61	Q 2.52	Q 2.28	Q 2.24	Q 2.35	146,622	Q 344,169.77
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q1,835.00	Q 1,800.00	Q1,350.00	Q 1,200.00	Q 810.00	Q 740.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80			Q 4.41	Q 4.23	Q 3.77	Q 3.68	Q 3.90	7,390	Q 28,784.89
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86			Q 8.94	Q 8.60	Q 7.71	Q 7.55	Q 7.95	8,232	Q 65,466.67
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79			Q 2.56	Q 2.48	Q 2.26	Q 2.22	Q 2.32	146,622	Q 339,645.43
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 445.00	Q 470.00	Q 752.00	Q 840.00	Q 1,090.00	Q 1,180.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.50	Q 4.54					Q 4.52	1,226	Q 5,540.37
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.97	Q 9.07					Q 9.06	2,176	Q 19,714.46
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.39	Q 2.41					Q 2.47	3,133	Q 7,736.07
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 642.00	Q 685.00	Q1,096.00	Q 1,228.00	Q 1,595.00	Q 1,725.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.37	Q 4.41					Q 4.40	1,226	Q 5,392.27
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.66	Q 8.75					Q 8.78	2,176	Q 19,113.79
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.31	Q 2.33					Q 2.40	3,133	Q 7,521.68
												<b>TOTAL</b>	<b>Q 938,847.78</b>

Ruta 3: Carretera CA-02 vía Río Bravo

<b>Datos históricos</b>					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q1,070.00	Q1,150.00	Q 1,260.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.30	Q 4.34	Q 4.71	Q 4.83					Q 4.54	1,225	Q 5,566.09
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.47	Q 8.59	Q 9.47	Q 9.75					Q 9.07	2,176	Q 19,738.50
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.26	Q 2.29	Q 2.51	Q 2.58					Q 2.41	3,133	Q 7,551.31
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 456.46</b>	<b>Q 588.33</b>	<b>Q 743.38</b>	<b>Q 834.67</b>	<b>Q1,147.67</b>	<b>Q1,395.46</b>	<b>Q1,499.79</b>	<b>Q 1,643.25</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.19	Q 4.32	Q 4.47	Q 4.55					Q 4.38	1,225	Q 5,370.99
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.23	Q 8.53	Q 8.89	Q 9.10					Q 8.69	2,176	Q 18,903.02
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.20	Q 2.28	Q 2.36	Q 2.42					Q 2.31	3,133	Q 7,251.93
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 729.17</b>	<b>Q 858.33</b>	<b>Q 1,187.50</b>	<b>Q 1,333.33</b>	<b>Q1,833.33</b>	<b>Q2,229.17</b>	<b>Q2,395.83</b>	<b>Q 2,625.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.25	Q 4.33	Q 4.55	Q 4.65					Q 4.44	1,225	Q 5,444.78
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.36	Q 8.56	Q 9.09	Q 9.32					Q 8.83	2,176	Q 19,221.33
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.23	Q 2.28	Q 2.42	Q 2.47					Q 2.35	3,133	Q 7,365.16
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,245.44</b>	<b>Q1,118.95</b>	<b>Q 875.70</b>	<b>Q 797.86</b>	<b>Q 554.61</b>	<b>Q 418.39</b>	<b>Q 400.00</b>	<b>Q 300.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51					Q 4.43	Q 4.21	Q 4.18	Q 4.01	Q 4.21	36,689	Q 154,353.68
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67					Q 8.52	Q 8.06	Q 8.00	Q 7.67	Q 8.06	22,550	Q 181,846.96
Camión 200 qq	Guate	Adoquin	1000	Q1.87					Q 2.42	Q 2.29	Q 2.27	Q 2.17	Q 2.29	11,670	Q 26,703.88
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,670.40</b>	<b>Q1,500.75</b>	<b>Q 1,174.50</b>	<b>Q 1,070.10</b>	<b>Q 743.85</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 524.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51					Q 4.22	Q 4.23	Q 4.23	Q 4.01	Q 4.17	36,689	Q 153,096.65
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67					Q 8.09	Q 8.11	Q 8.11	Q 7.67	Q 8.00	22,550	Q 180,301.75
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin	1750	Q1.87					Q 2.30	Q 2.30	Q 2.30	Q 2.17	Q 2.27	11,670	Q 26,463.98
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 2,464.00</b>	<b>Q2,236.50</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q2,150.00</b>	<b>Q1,829.00</b>	<b>Q1,829.00</b>	<b>Q1,324.00</b>	<b>Q 1,324.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51					Q 4.73	Q 4.73	Q 4.39	Q 4.39	Q 4.56	36,689	Q 167,338.53
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	750	Q6.67					Q 9.11	Q 9.11	Q 8.44	Q 8.44	Q 8.77	22,550	Q 197,808.60
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	2500	Q1.87					Q 2.60	Q 2.60	Q 2.40	Q 2.40	Q 2.50	11,670	Q 29,182.00
<b>TOTAL</b>															<b>Q1,213,509.14</b>

<b>Modelo</b>					Río Bravo	Cocales	Santa Lucía Cotzumalguapa	Siquinalá	Escuintla (peaje)	Palín	Amatitlán	Villa Nueva	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Unidades	CP	Q 321.00	Q 350.00	Q 570.00	Q 640.00	Q 880.00	Q1,070.00	Q1,150.00	Q 1,260.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Suchi	Bovedilla	600	Q3.76	Q 4.30	Q 4.34	Q 4.71	Q 4.83					Q 4.54	1,225	Q 5,566.09
Camión 200 qq	Suchi	Blocon	250	Q7.19	Q 8.47	Q 8.59	Q 9.47	Q 9.75					Q 8.97	2,176	Q 19,509.76
Camión 200 qq	Suchi	Adoquin	1000	Q1.94	Q 2.26	Q 2.29	Q 2.51	Q 2.58					Q 2.41	3,133	Q 7,551.31
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 456.46</b>	<b>Q 588.33</b>	<b>Q 743.38</b>	<b>Q 834.67</b>	<b>Q1,147.67</b>	<b>Q1,395.46</b>	<b>Q1,499.79</b>	<b>Q 1,643.25</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Suchi	Bovedilla	1050	Q3.76	Q 4.19	Q 4.32	Q 4.47						Q 4.38	1,225	Q 5,363.10
Doble Eje 350 qq	Suchi	Blocon	438	Q7.19	Q 8.23	Q 8.53	Q 8.89						Q 8.59	2,176	Q 18,692.31
Doble Eje 350 qq	Suchi	Adoquin	1750	Q1.94	Q 2.20	Q 2.28	Q 2.36	Q 2.42					Q 2.31	3,133	Q 7,251.93
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 729.17</b>	<b>Q 858.33</b>	<b>Q 1,187.50</b>	<b>Q 1,333.33</b>	<b>Q1,833.33</b>	<b>Q2,229.17</b>	<b>Q2,395.83</b>	<b>Q 2,625.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Suchi	Bovedilla	1500	Q3.76	Q 4.25	Q 4.33	Q 4.55	Q 4.65					Q 4.44	1,225	Q 5,444.78
Plataforma 500 qq	Suchi	Blocon	625	Q7.19	Q 8.36	Q 8.56	Q 9.09	Q 9.32					Q 8.83	2,176	Q 19,221.33
Plataforma 500 qq	Suchi	Adoquin	2500	Q1.94	Q 2.23	Q 2.28	Q 2.42	Q 2.47					Q 2.35	3,133	Q 7,365.16
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,245.44</b>	<b>Q1,118.95</b>	<b>Q 875.70</b>	<b>Q 797.86</b>	<b>Q 554.61</b>	<b>Q 418.39</b>	<b>Q 400.00</b>	<b>Q 300.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51					Q 4.43	Q 4.21	Q 4.18	Q 4.01	Q 4.21	36,689	Q 154,353.68
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67					Q 8.52	Q 8.06	Q 8.00	Q 7.67	Q 8.06	22,550	Q 181,846.96
Camión 200 qq	Guate	Adoquin	1000	Q1.87					Q 2.42	Q 2.29	Q 2.27	Q 2.17	Q 2.29	11,670	Q 26,703.88
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 1,670.40</b>	<b>Q1,500.75</b>	<b>Q 1,174.50</b>	<b>Q 1,070.10</b>	<b>Q 743.85</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 758.00</b>	<b>Q 524.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51					Q 4.22	Q 4.23	Q 4.23	Q 4.01	Q 4.17	36,689	Q 153,096.65
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67					Q 8.71	Q 8.09	Q 8.11	Q 7.67	Q 8.00	22,550	Q 180,301.75
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin	1750	Q1.87					Q 2.30	Q 2.30	Q 2.30	Q 2.17	Q 2.27	11,670	Q 26,463.98
<b>Transporte</b>	<b>Planta</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP</b>	<b>Q 2,464.00</b>	<b>Q2,236.50</b>	<b>Q 2,150.00</b>	<b>Q2,150.00</b>	<b>Q1,829.00</b>	<b>Q1,829.00</b>	<b>Q1,324.00</b>	<b>Q 1,324.00</b>	<b>CT</b>	<b>Unidades</b>	<b>VT</b>
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51					Q 4.73	Q 4.73	Q 4.39	Q 4.39	Q 4.56	36,689	Q 167,338.53
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	750	Q6.67					Q 9.11	Q 9.11	Q 8.44	Q 8.44	Q 8.77	22,550	Q 197,808.60
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	2500	Q1.87					Q 2.60	Q 2.60	Q 2.40	Q 2.40	Q 2.50	11,670	Q 29,182.00
<b>TOTAL</b>															<b>Q1,213,061.79</b>

Ruta 4: Carretera CA-04

<b>Datos históricos</b>					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nalmalá	Alaska	Cuatro Caminos	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80									Q 4.21	Q 4.00	Q 3.67	Q 3.96	2,463	Q 9,757.13
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86									Q 8.56	Q 8.16	Q 7.52	Q 8.08	2,744	Q 22,178.45
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79									Q 2.47	Q 2.37	Q 2.21	Q 2.35	97,748	Q 229,544.26
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 3,050.00	Q 2,950.00	Q 2,775.00	Q 2,850.00	Q 2,650.00	Q 2,590.00	Q 2,350.00	Q 1,450.00	Q 1,115.00	Q 950.00	Q 685.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80									Q 4.13	Q 3.93	Q 3.62	Q 3.90	2,463	Q 9,593.66
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86									Q 8.41	Q 8.03	Q 7.42	Q 7.95	2,744	Q 21,822.22
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79									Q 2.43	Q 2.34	Q 2.18	Q 2.32	97,748	Q 226,430.29
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 3,700.00	Q 3,550.00	Q 3,350.00	Q 3,450.00	Q 3,200.00	Q 3,125.00	Q 2,850.00	Q 1,850.00	Q 1,500.00	Q 1,350.00	Q 950.00	CT	Unidades	VT
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80									Q 4.05	Q 3.93	Q 3.60	Q 3.86	2,463	Q 9,505.70
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86									Q 8.26	Q 8.02	Q 7.38	Q 7.89	2,744	Q 21,640.63
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79									Q 2.37	Q 2.31	Q 2.16	Q 2.28	97,748	Q 222,849.77
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 487.00	Q 632.00	Q 632.00	Q 740.00	Q 827.05	Q 875.70	Q 1,070.30	Q 1,556.80	Q 1,731.94	Q 1,946.00	Q 2,140.60	CT	Unidades	VT
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51	Q 4.32	Q 4.56	Q 4.56	Q 4.74	Q 4.89	Q 4.97	Q 5.29	Q 6.10				Q 4.93	70,320	Q 346,748.65
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67	Q 8.29	Q 8.78	Q 8.78	Q 9.14	Q 9.43	Q 9.59	Q 10.24	Q 11.86				Q 9.51	22,550	Q 214,496.07
Camión 200 qq	Guate	Adoquin	1000	Q1.87	Q 2.36	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.61	Q 2.70	Q 2.75	Q 2.94	Q 3.43				Q 2.72	23,341	Q 63,548.35
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 852.00	Q 900.00	Q 900.00	Q 992.00	Q 1,109.25	Q 1,174.50	Q 1,435.50	Q 2,088.00	Q 2,322.90	Q 2,610.00	Q 2,871.00	CT	Unidades	VT
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51	Q 4.32	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.45	Q 4.57	Q 4.63	Q 4.88	Q 5.50				Q 4.64	70,320	Q 325,943.66
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67	Q 8.29	Q 8.38	Q 8.38	Q 8.56	Q 8.78	Q 8.91	Q 9.40	Q 10.65				Q 8.92	22,550	Q 201,152.71
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin	1750	Q1.87	Q 2.36	Q 2.38	Q 2.38	Q 2.44	Q 2.50	Q 2.54	Q 2.69	Q 3.06				Q 2.55	23,341	Q 59,404.93
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 2,150.00	Q 2,150.00	Q 3,024.00	Q 3,339.00	Q 3,724.00	Q 4,074.00	CT	Unidades	VT
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.94	Q 4.94	Q 5.53				Q 4.88	70,320	Q 343,331.54
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	750	Q6.67	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.54	Q 9.54	Q 10.70				Q 9.41	22,550	Q 212,304.49
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	2500	Q1.87	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.73	Q 2.73	Q 3.08				Q 2.69	23,341	Q 62,867.82
																	<b>TOTAL</b>	<b>Q 2,603,120.35</b>

<b>Modelo</b>					San Lucas	Sumpango	El Tejar	Chimaltenango	Zaragoza	Patzicia	Tecpán	Los Encuentros	Nalmalá	Alaska	Cuatro Caminos	Costo Promedio	Ventas	Costos Totales	
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,850.00	Q 1,785.00	Q 1,680.00	Q 1,730.00	Q 1,610.00	Q 1,570.00	Q 1,425.00	Q 875.00	Q 676.00	Q 575.00	Q 416.00	CT	Unidades	VT	
Camión 200 qq	Xela	Bovedilla	480	Q2.80									Q 4.63	Q 4.21	Q 4.00	Q 3.67	Q 3.96	2,463	Q 9,757.13
Camión 200 qq	Xela	Blocon	250	Q5.86									Q 9.36	Q 8.56	Q 8.16	Q 7.52	Q 8.08	2,744	Q 22,178.45
Camión 200 qq	Xela	Adoquin	1000	Q1.79									Q 2.67	Q 2.47	Q 2.37	Q 2.21	Q 2.35	97,748	Q 229,544.26
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 3,050.00	Q 2,950.00	Q 2,775.00	Q 2,850.00	Q 2,650.00	Q 2,590.00	Q 2,350.00	Q 1,450.00	Q 1,115.00	Q 950.00	Q 685.00	CT	Unidades	VT	
Doble Eje 350 qq	Xela	Bovedilla	840	Q2.80									Q 4.53	Q 4.13	Q 3.93	Q 3.62	Q 3.90	2,463	Q 9,593.66
Doble Eje 350 qq	Xela	Blocon	438	Q5.86									Q 9.17	Q 8.41	Q 8.03	Q 7.42	Q 7.95	2,744	Q 21,822.22
Doble Eje 350 qq	Xela	Adoquin	1750	Q1.79									Q 2.62	Q 2.43	Q 2.34	Q 2.18	Q 2.32	97,748	Q 226,430.29
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 3,700.00	Q 3,550.00	Q 3,350.00	Q 3,450.00	Q 3,200.00	Q 3,125.00	Q 2,850.00	Q 1,850.00	Q 1,500.00	Q 1,350.00	Q 950.00	CT	Unidades	VT	
Plataforma 500 qq	Xela	Bovedilla	1200	Q2.80									Q 4.35	Q 4.05	Q 3.93	Q 3.60	Q 3.86	2,463	Q 9,505.70
Plataforma 500 qq	Xela	Blocon	625	Q5.86									Q 8.82	Q 8.26	Q 8.02	Q 7.38	Q 7.89	2,744	Q 21,640.63
Plataforma 500 qq	Xela	Adoquin	2600	Q1.79									Q 2.50	Q 2.37	Q 2.31	Q 2.16	Q 2.28	97,748	Q 222,849.77
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 487.00	Q 632.00	Q 632.00	Q 740.00	Q 827.05	Q 875.70	Q 1,070.30	Q 1,556.80	Q 1,731.94	Q 1,946.00	Q 2,140.60	CT	Unidades	VT	
Camión 200 qq	Guate	Bovedilla	600	Q3.51	Q 4.32	Q 4.56	Q 4.56	Q 4.74	Q 4.89	Q 4.97	Q 5.29					Q 4.75	70,320	Q 333,757.86	
Camión 200 qq	Guate	Blocon	300	Q6.67	Q 8.29	Q 8.78	Q 8.78	Q 9.14	Q 9.43	Q 9.59	Q 10.24					Q 9.20	22,550	Q 207,450.68	
Camión 200 qq	Guate	Adoquin	1000	Q1.87	Q 2.36	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.61	Q 2.70	Q 2.75	Q 2.94					Q 2.63	23,341	Q 61,333.47	
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 852.00	Q 900.00	Q 900.00	Q 992.00	Q 1,109.25	Q 1,174.50	Q 1,435.50	Q 2,088.00	Q 2,322.90	Q 2,610.00	Q 2,871.00	CT	Unidades	VT	
Doble Eje 350 qq	Guate	Bovedilla	1050	Q3.51	Q 4.32	Q 4.37	Q 4.37	Q 4.45	Q 4.57	Q 4.63	Q 4.88					Q 4.51	70,320	Q 317,430.22	
Doble Eje 350 qq	Guate	Blocon	525	Q6.67	Q 8.29	Q 8.38	Q 8.38	Q 8.56	Q 8.78	Q 8.91	Q 9.40					Q 8.74	22,550	Q 196,990.03	
Doble Eje 350 qq	Guate	Adoquin	1750	Q1.87	Q 2.36	Q 2.38	Q 2.38	Q 2.44	Q 2.50	Q 2.54	Q 2.69					Q 2.49	23,341	Q 58,115.60	
Transporte	Planta	Producto	Un.	CP	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 1,829.00	Q 2,150.00	Q 2,150.00	Q 3,024.00	Q 3,339.00	Q 3,724.00	Q 4,074.00	CT	Unidades	VT	
Plataforma 500 qq	Guate	Bovedilla	1500	Q3.51	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.73	Q 4.94	Q 4.94					Q 4.73	70,320	Q 332,955.04	
Plataforma 500 qq	Guate	Blocon	750	Q6.67	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.11	Q 9.54	Q 9.54					Q 9.18	22,550	Q 206,999.21	
Plataforma 500 qq	Guate	Adoquin	2500	Q1.87	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.60	Q 2.73	Q 2.73					Q 2.62	23,341	Q 61,189.01	
																	<b>TOTAL</b>	<b>Q 2,549,543.24</b>	