

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Rediseño de un proceso de recolección de cabezas y cáscaras de camarón para una empresa productora de hidrolizado de pescado y harina de camarón"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Germán Andrés Serrano Vega

Carlos Paúl Aguirre Guerra

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, que ha sido mi guía para el desarrollo del presente trabajo. A mis padres, por ser ellos un apoyo incondicional en cada paso de mi vida. A mi tutora, a mis profesores por su tiempo y los conocimientos aportados para que este trabajo sea de excelencia.

Germán Andrés Serrano Vega

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ser extraordinario que iluminó mi camino para llegar a este punto de mi vida que concluye con este proyecto de graduación.

A mis padres y a mi hermana por su amor, paciencia y soporte durante mi formación como persona y profesional.

A todos los profesores que contribuyeron en mi formación académica, especialmente a la Ing. María Laura Retamales por su constante aportación en el desarrollo de este proyecto.

Carlos Paúl Aguirre Guerra

DECLARACIÓN EXPRESA

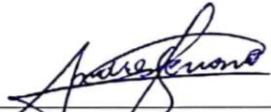
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor 1: Andrés Serrano Vega

Autor 2: Carlos Aguirre Guerra

Tutor: M. Sc. María Laura Retamales

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Andrés Serrano Vega
AUTOR 1



Carlos Aguirre Guerra
AUTOR 2



M. Sc. María Laura Retamales
TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla en una empresa dedicada a la elaboración de harina de camarón e hidrolizados de pescado y se enfoca en los altos costos que se generan por la recolección de cabeza y cáscara de camarón, teniendo como objetivo reducir el costo por tonelada recolectada entre un 15% a 25%, dado que actualmente es de aproximadamente \$20/ton. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología DMAIC. En la etapa de Definir, se reconocieron las necesidades del cliente a través de una matriz Voice of Customer, para luego traducirlas a variables que afectan al problema. En la etapa de medición se recolectaron las variables y factores más relevantes al problema, luego se analizaron estadísticamente para identificar las causas raíces y se elaboraron propuestas de mejora evaluadas y priorizadas. Entre las propuestas se detallan el rediseño del proceso de gestión de la recolección y la utilización de los camiones propios de la empresa. Para la implementación, se simuló en Excel los recorridos que se hicieron en el mes de mayo considerando las mejoras establecidas, obteniéndose como resultado que el costo por tonelada es de al menos \$16.5 y un ahorro aproximado mensual de \$5291. En la etapa de control, se establecieron ciertos parámetros para que las mejoras se mantuvieran en el tiempo. Como conclusión, las propuestas planteadas permiten reducir el número de viajes a través de la mayor utilización de los camiones subcontractados, lo cual conlleva a una reducción del costo por tonelada recolectada de al menos un 17%.

Palabras Clave: Cabezas y cáscaras de camarón, rediseño, recolectar.

ABSTRACT

The present project is developed in a company dedicated to the production of shrimp flour and fish hydrolysate and focused in the high costs that are generated by the collection of head and shell of shrimp of a company that produce, aiming to reduce the cost per ton collected between a 15% to 25%, since it is approximately \$20/ton. For the development of the project was used the methodology DMAIC. In the defining stage, the customers needs were recognized through a matrix, to translate them into variables that affect the problem. In the measurement stage, the variables and most relevant factors were collected, then they were analyzed statistically to identify the causes and proposals for evaluated and prioritized improvements were elaborated. Among the proposals are the redesign of the recollection management process and the use of the company's own trucks. For the implementation, the routes that were made in the month of May were simulated in Excel, considering the established improvements, obtaining as a result that the cost per ton is of at least \$16.5 and an approximate monthly saving of \$5291. In the control stage, certain parameters were established so that the improvements will be maintained over time. In conclusion, the proposed proposals reduce the number of trips through the increased use of subcontracted trucks, which leads to a reduction of the cost per ton collected by at least 17%.

Keywords: Head and shell of shrimp, redesign, collect.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Variable de Interés.....	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Restricciones.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo General.....	5
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Resumen Ejecutivo del Proyecto.....	5
1.7 Marco teórico.....	6
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología.....	11
2.1 Medición.....	11
2.1.1 Situación actual.....	11
2.1.2 Costos de recolección y toneladas de MP.....	14
2.1.3 Plan de recolección de datos.....	16
2.2 Análisis.....	17

2.2.1	Prueba de normalidad.....	17
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	18
2.2.3	Análisis estadístico de los factores	19
2.2.4	Análisis 5 ¿Por Qué's?	20
2.3	Fase de mejora	22
2.3.1	Evaluación y selección de soluciones.....	22
2.3.2	Propuestas de mejora	24
2.3.3	Implementación.....	28
2.3.4	Determinación del período de estudio	29
2.4	Fase de control.....	30
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados.....	31
CAPÍTULO 4.....		35
4.	Conclusiones y RECOMENDACIONES	35
4.1	Conclusiones.....	35
4.2	Recomendaciones.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....		36
APÉNDICES.....		37

ABREVIATURAS

KPI	Indicador Clave de Rendimiento
CT	Costo por tonelada recolectada
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers Diagram
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar
VOC	Voice of customer
MP	Materia prima
RRHH	Recursos Humanos
GCS	Gerente de la cadena de suministros

SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramo
Ton	Tonelada
\$	Dólares americanos
Y's	Variables de Respuesta
X's	Variables Predictoras o Factores

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Serie de tiempo del costo por tonelada	2
Figura 1.2 Voz del cliente	3
Figura 1.3 Restricciones del proyecto	5
Figura 1.4 5 Fases de la metodología DMAIC.....	9
Figura 2.1 Proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón.....	12
Figura 2.2 Toneladas recolectadas por zona.....	14
Figura 2.3 Costo de recolección por zona	14
Figura 2.4 Esquema de selección de herramientas estadísticas.....	18
Figura 2.5 Resultados de Estadísticos	19
Figura 2.6 Diagrama de dispersión del KPI vs Número de viajes.....	20
Figura 2.7 Matriz impacto-esfuerzo de soluciones	23
Figura 2.8 Proceso recolección diario de cabeza y cáscara de camarón.....	25
Figura 3.1 Diagrama de cajas del KPI antes y después en Aguaje y Quiebre.	33
Figura 3.2 Resultados de la prueba de hipótesis.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Matriz de la voz del cliente	3
Tabla 1.2 Diagrama SIPOC	4
Tabla 1.3 Project Charter del Proyecto.....	6
Tabla 2.1 Horarios de despacho de las empacadoras de camarón.....	13
Tabla 2.2 Asignación de costos por zona	13
Tabla 2.3 Capacidad de camiones de la empresa y subcontratados	15
Tabla 2.4 Utilización de camiones subcontratados.....	16
Tabla 2.5 Resumen de prueba de normalidad.....	18
Tabla 2.6 Factores Analizados	20
Tabla 2.7 Análisis 5 ¿Por qué's?	21
Tabla 2.8 Relación entre causas y soluciones.....	22
Tabla 2.9 Soluciones para implementar	23
Tabla 2.10 Rediseño del proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón	25
Tabla 2.11 Horarios de ingresos y salidas de la planta de camiones propios	26
Tabla 2.12 Cotización de choferes subcontratados.....	27
Tabla 2.13 Plan de Implementación	28
Tabla 2.14 Determinación del Período de Estudio	29
Tabla 2.15 Comparación de costos trimestrales y Mayo	30
Tabla 3.1 Ahorro porcentual diario en Aguaje y Quiebre	31
Tabla 3.2. Costo total en Aguaje y Quiebre de Enero a Mayo.....	31
Tabla 3.3 Ahorro mensual en Aguaje, Quiebre y total	32
Tabla 3.4. Costos totales, KPI antes y después	32

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto ha sido desarrollado en una empresa que se dedica a la elaboración de harina de camarón e hidrolizados de pescado, que son usados como materia prima para la industria del balanceado y sus productos son distribuidos a nivel local e internacional.

Para la elaboración de harina de camarón se requiere como principal materia prima (MP) cabezas y cáscaras de camarón, las cuales se recolectan de 13 empacadoras ubicadas en diferentes puntos de Durán, vía a Daule, vía a la Costa y Las Exclusas (Sur de Guayaquil). Para esta actividad la empresa subcontrata a una empresa transportista que dispone de una flota de 10 camiones con diferentes capacidades de almacenamiento, y las unidades de carga usadas para transportar la MP son bins de color rojo y verde que tienen capacidades nominales de 500 kg y 600 kg, respectivamente.

Esta operación comienza con un requerimiento de retiro de MP por la empacadora. El dueño de la empresa transportista es el encargado planificar diariamente los retiros y el requerimiento de los camiones. Luego se los envían a planta para cargarse con bins vacíos y continúan con su recorrido previamente asignado. Una vez terminadas las rutas vuelven a planta, donde los bins con MP son descargados y almacenados en reefers, hasta el momento de ser procesados. Por los controles internos de inventario, los bins con MP se pesan antes de ser almacenados.

Durante el año 2016 y hasta mayo del 2017 de operación se han registrado por concepto de recolección de cabeza y cáscara de camarón el costo de \$280.120 y \$101.410 respectivamente. Esta elevada cantidad preocupa a la alta dirección que está consciente que este problema perjudica la utilidad operativa de la compañía. Los gerentes: general, financiero y de la cadena de suministros trabajan en conjunto con la finalidad de reducir estos costos de operación.

Este trabajo describe de forma esquemática, las 5 etapas de la metodología DMAIC: definir, medir, analizar, implementar y controlar, aplicada con el propósito de encontrar las causas raíces que incrementan los costos de esta actividad, y además proponer e implementar soluciones de alto impacto, bajo esfuerzo y que se mantengan en el tiempo.

1.1 Descripción del problema

La oportunidad de mejora se identifica en el proceso de recolección de cabezas y cáscaras de camarón. Esta surge como un requerimiento por parte de la empresa para aumentar la utilidad operativa reduciendo los costos de operación. Según los datos de enero a mayo del 2017, el costo por tonelada recolectada es de alrededor de \$ 20 / ton y el gerente de la cadena de suministro requiere que se reduzca al menos en un 20%. En la figura 1.1 se muestra el costo por tonelada en relación a lo que se busca alcanzar con las propuestas de este proyecto.

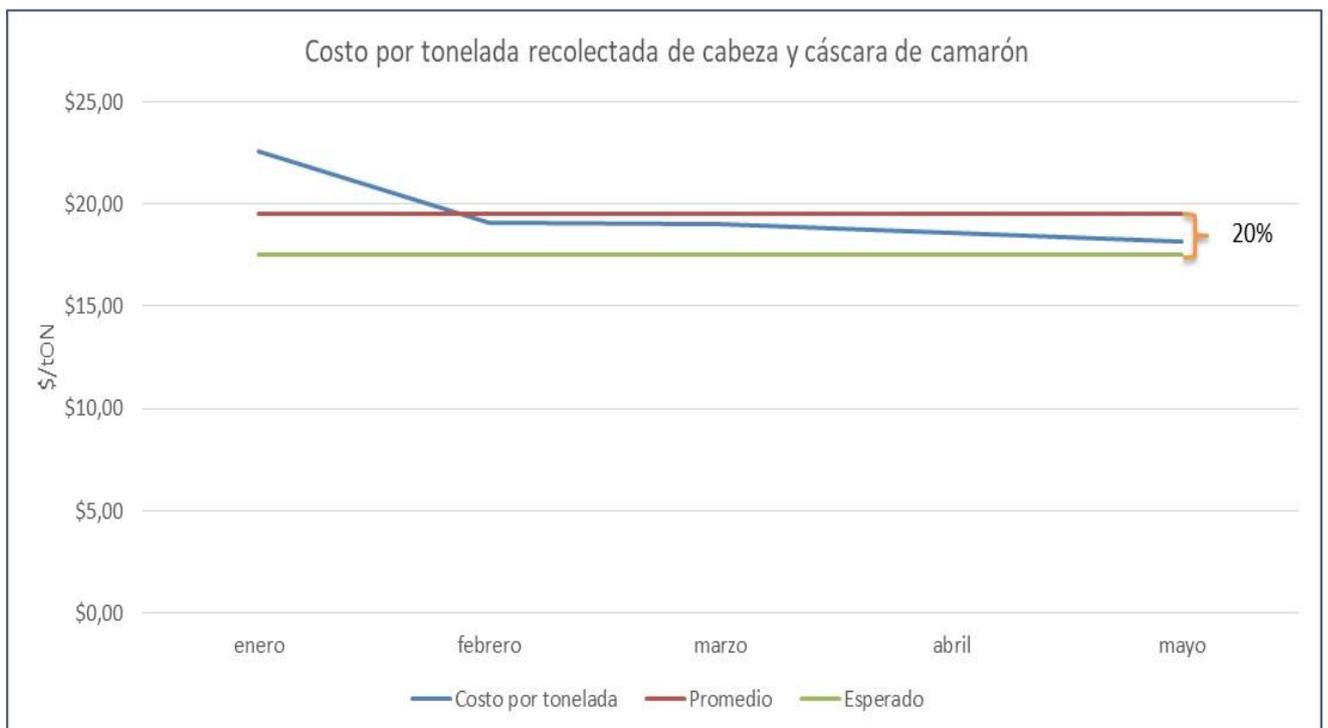


Figura 1.1 Serie de tiempo del costo por tonelada

Elaboración propia.

Para la detección de las causas se realizaron varias reuniones con representantes de la empresa y el dueño del servicio de transporte subcontratado, quienes están directamente relacionados diariamente con el proceso de la recolección de MP. Con la información recolectada se realizó la matriz VOC, donde se detallan las problemáticas que enfrentan los **clientes** y se definen las variables o atributos para medir, analizar y controlar. A continuación se muestra en la figura 1.2 los requerimientos de los clientes.



Figura 1.2 Voz del cliente

Elaboración propia.

Debido a los objetivos planteados por el gerente de la cadena de suministros, se define el problema a resolver como el alto costo de recolección de la MP (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Matriz de la voz del cliente

VOC / Necesidades	Características de calidad	Variable	Meta	Límites de Especificación
No hay un horario de recolección establecido	Establecer un horario de recolección	Horario de recolección	N/A	No depende de la empresa
El costo por tonelada recolectada es alto	Reducir los costos de transportación de la MP, manteniendo la cantidad de MP recolectada	Costo por tonelada	20%	15%-25%
Se gasta mucho en la recolección de MP.				

Elaboración propia.

1.2 Variable de Interés

Costo por tonelada de cabeza y cáscara recolectada: es la razón del costo total que la empresa paga al transportista entre las toneladas de cabeza y cáscara de camarón que se recolectan en las empacadoras (Ecuación 1.1).

$$\text{Costo por tonelada(CT)} = \frac{\text{Costo total de recolección(Y1)}}{\text{Toneladas recolectadas(Y2)}} \quad (1.1)$$

Se ha tomado en cuenta esta variable con la finalidad de reducir el costo total de recolección manteniendo los mismos niveles de toneladas de cabeza y cáscara (96 % y 4%) mensual recolectadas.

1.3 Alcance

Para delimitar el proyecto y llegar a los resultados esperados se utilizó la herramienta SIPOC vista en la tabla 1.2, proporcionando una vista general del proceso y las partes interesadas. Con la ayuda de esta herramienta y teniendo en consideración que el proceso de recolección de la cabeza y la cáscara de camarón es donde se gasta la mayor cantidad de dinero, se determinó que este proyecto se enfoca en reducir dichos costos de esta actividad evaluando esta reducción con el indicador clave de rendimiento (KPI) que es el costo por tonelada recolectada (CT).

Tabla 1.2 Diagrama SIPOC

Recolección de cabeza y cáscara de camarón				
Proveedores (Proveedores de los recursos necesarios)	Entradas (Recursos necesarios por el proceso)	Proceso (Descripción de las actividades)	Salidas (Entregas del proceso)	Clientes (Los que reciben los outputs)
<ul style="list-style-type: none"> • Empacadoras de Camarón • Departamento de Materia Prima • Transportista 	<ul style="list-style-type: none"> • Llamada para que retiren la cabeza y cáscara de sus instalaciones • Bines vacíos y limpios • Montacargas • Camiones • Personal de estiba 	<p>El transportista recibe requerimiento de retiro por parte de las empacadoras</p> <p>↓</p> <p>El transportista planifica los retiros en las empacadoras</p> <p>↓</p> <p>Despacho de cabezas y cáscaras de camarón</p> <p>↓</p> <p>Entrega de facturas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cabeza y cáscara de camarón • Guías de remisión • Facturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de materia prima y Producción • Departamento de logística

1.4 Restricciones



Figura 1.3 Restricciones del proyecto

Elaboración propia.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Reducir el costo por tonelada de transporte de cabeza y cáscara de camarón en un 20%(entre \$17/ ton y \$15/ton) gestionando los retiros en las empacadoras de camarón y la utilización de los recursos de la empresa de forma óptima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar cuáles son los factores más relevantes que incrementan el costo por tonelada de transporte de cabeza y cáscara recolectada.
- Proponer un rediseño de la gestión de recolección de cabeza y cáscara de camarón para controlar esta operación.
- Demostrar que las soluciones planteadas reducen el costo por tonelada de cabeza y cáscara recolectada.

1.6 Resumen Ejecutivo del Proyecto

En la tabla 1.3 se detalla toda la información sobre el proyecto en un Project Charter. Esta herramienta permite plantear una idea general del proyecto delimitando los propósitos, roles, objetivos y partes interesadas, entre otros.

Tabla 1.3 Project Charter del Proyecto

1. Información General del Proyecto	
Nombre Del Proyecto:	Rediseño del Proceso de recolección de cabezas y cáscaras de camarón
Patrocinadores Ejecutivos:	Ing. Israel Macías
Departamento Patrocinador:	Departamento de logística
Impacto Del Proyecto:	Reducir el costo por tonelada recolectada de cabeza y cáscara de camarón
2. Equipo del Proyecto	
Líderes Del Proyecto:	Andrés Serrano Vega
	Carlos Aguirre Guerra
3. Partes Interesadas	
Gerente Financiero	
Gerente de la cadena de suministros	
Transportista	
Choferes subcontratados	
4. Declaración del Alcance del Proyecto	
Declaración del problema (Propósito)	Los elevados costos por recolectar cabeza y cáscara de camarón implican una reducción en las utilidades de la empresa.
Objetivos (En términos comerciales)	Reducir el costo por tonelada de transporte de cabeza y cáscara de camarón en un 20% (entre \$17/ ton y \$15/ton) gestionando los retiros en las empacadoras de camarón y la utilización de los recursos de la empresa de forma óptima.
Alcance	La implementación de las propuestas de mejora se realizará en el proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón.
5. Entregables	
Rediseño de un proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón	
Simulación de las mejoras	
6. Principales Riesgos Conocidos	
Calificación de riesgo	Riesgo
Alto	Poca aceptación de las propuestas de mejora por las partes interesadas
Medio	Falta de colaboración de partes interesadas
Bajo	Errores en la recolección de datos históricos

Elaboración propia.

1.7 Marco teórico

Seis Sigma

La metodología Seis Sigma busca reducir la variabilidad de un proceso deseado. Las mejoras de un proceso muchas veces no son suficientes ya que la experiencia del cliente

se verá afectada en la medida en que la variación en el proceso siga presente, a menos que esta variación sea reducida la experiencia del cliente dentro del proceso no podrá ser cambiada. La media es optimizada mejorando el proceso mientras que la variación se mejora en la medida en que los resultados se dan consistentemente.

El resultado deseado dentro de esta metodología es conocido como variable de respuesta o característica de calidad “Y” y las variables independientes que influyen a este resultado como “X’s”.

Dentro de un proceso pueden existir varias variables independientes que podrían tener relación con la variable de respuesta. La metodología busca determinar aquellas X’s que afecten el desempeño de la variable de respuesta (Ganti & G. Ganti, 2015, p. 1).

Metodología DMAIC

Para realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato ordenado y riguroso que se compone de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) ilustrado en la figura 1.4. Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora.

Definir: Es la etapa inicial de la metodología, donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía y en conjunto con la dirección de la empresa se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores.

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

- Project Charter
- Diagrama SIPOC
- VOC (Voice of Customer)

Medir: Una vez definido el problema que vamos a atacar, se establece que características determinan el comportamiento del proceso. Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño o de respuesta), y que parámetros (variables de entrada o independientes) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el

desempeño actual del sistema, es decir que tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente.

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

- Mapeo detallado del proceso
- Plan de recolección de datos
- Gráficas de Pareto

Analizar: Esta etapa analiza los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. Se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. Se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso.

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

- Diagrama de Ishikawa
- Herramientas de estadística descriptiva e inferencial.
- Modelo lineal general

Mejorar: Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

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

- Lluvia de ideas
- Los cinco ¿Por qué?
- Modelos de Optimización

Controlar: Finalmente, una vez hallada la solución para un mejor desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre

un período largo de tiempo. Para esto se diseña e implementa una estrategia de control que asegure que los procesos sigan en marcha de manera eficiente (R. Ocampo & E. Pavón, 2012, págs. 2-3).

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

- Cartas de control
- Planes de mantenimiento preventivo
- Manuales y Procedimientos de uso y mantenimiento
- Controles visuales

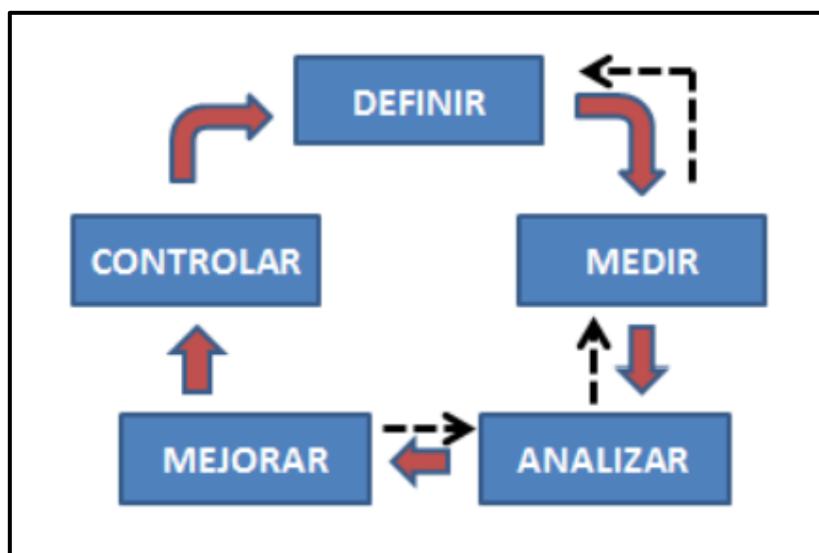


Figura 1.4 5 Fases de la metodología DMAIC

Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis

Es una técnica estadística usada como apoyo en la investigación, la cual empieza con la suposición de un valor que se atribuye al parámetro de interés, luego utiliza información (datos) de una muestra representativa para aceptar o rechazar la suposición. Es decir, inferir la validez de una condición de la población a partir de la muestra.

Hipótesis nula (H₀): Hipótesis propuesta para el parámetro de interés.

Hipótesis alterna (H₁): Hipótesis que se plantea en contraste de la hipótesis nula (H₀).

Error tipo I: Se denomina error tipo I al evento en el que se rechaza la hipótesis nula siendo esta verdadera.

Error tipo II: Se denomina error tipo I al evento en el que se no se rechaza la hipótesis nula siendo esta falsa. (R. Ojeda, 2007, pág. 208).

Matriz de Priorización

Herramienta que permite seleccionar la mejor alternativa de entre varias opciones de causas o soluciones siguiendo la misma metodología. 1. Definir el problema 2. Plantear opciones 3. Definir criterios de evaluación 4. Ponderar los criterios 5. Analizar y comparar las opciones 6. Elegir la mejor alternativa. (Ateico Consultores, 2016).

Voz del Cliente

La voz del cliente (VOC, por sus siglas en inglés) es una herramienta para obtener los requerimientos de los clientes, establecer prioridades basadas en los deseos reales de los clientes y determinar si la empresa puede satisfacer dichas necesidades a un precio competitivo. La misma se puede obtener a través de diversas formas, incluyendo encuestas, grupos de enfoque, entrevistas, etc. (Montgomery, 2009, pág. 32).

SIPOC

Es una herramienta utilizada para proporcionar una visión general simple y útil para comprender los parámetros relevantes en un proyecto de mejora de procesos; ayuda a aclarar un proyecto complejo que puede no estar bien delimitado. También establece las entradas del proceso y las salidas entre proveedores y clientes. (Montgomery, 2009, págs. 49-50).

Project Charter

Es el primer paso en la metodología Seis Sigma, se detalla en la etapa Definir de la metodología DMAIC, entre los elementos claves se incluyen: Planteamiento del problema, alcance, objetivos, fechas de entregables de avances del proyecto y miembros del equipo de trabajo. (Montgomery, 2009, pág. 49).

5 ¿por qué?

Es una herramienta de análisis de causas verificadas, respondiendo recursivamente como máximo 5 veces la pregunta "¿por qué?", se podrá determinar la causa raíz de un problema, luego se elabora un plan de acción correctiva para la causa raíz que afecta un proceso. Desafortunadamente es fácil llegar a una conclusión equivocada. Una pregunta ¿Por qué? puede ser contestada con varias respuestas, y a menos que haya evidencia que indique qué respuesta es correcta, lo más probable es que tenga el camino equivocado de fracaso. (Murugaiah, U., Benjamin, S. J., Marathamuthu, M., & Muthaiyah, S, 2010, p.527—540).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo del proyecto se detalla el desarrollo de los pasos posteriores a la etapa de definición de la metodología Lean Six Sigma, que comprende la fase de medición, análisis, mejora y control. En las dos primeras se realizaron una serie de actividades para conocer las principales fuentes que incrementan los costos del proceso de recolección de materia prima y las causas raíces del problema, además en las segundas se detallan las soluciones planteadas para reducir esta variabilidad y las acciones para implementarlas con éxito y mantenerlas a lo largo del tiempo.

2.1 Medición

En esta etapa se recolectó información relevante acerca del proceso actual de recolección de cabeza y cáscara de camarón. De la base de datos históricos provista por la empresa se obtuvo; costos por zona, toneladas recolectadas de MP, capacidad de los camiones de la empresa y de los subcontratados. Esto servirá para detectar las posibles causas del problema y propuestas de mejora, a través de entrevistas con el transportista, gerente de la cadena de suministros y choferes para realizar un análisis estadístico de los datos que influyen en el costo por tonelada recolectada.

2.1.1 Situación actual

2.1.1.1 Proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón

La gestión diaria de recolección de la cabeza y la cáscara de camarón así como, el requerimiento de camiones y recorridos a las empacadoras la realiza el transportista, tal como se observa en el diagrama de proceso (Figura 2.1).

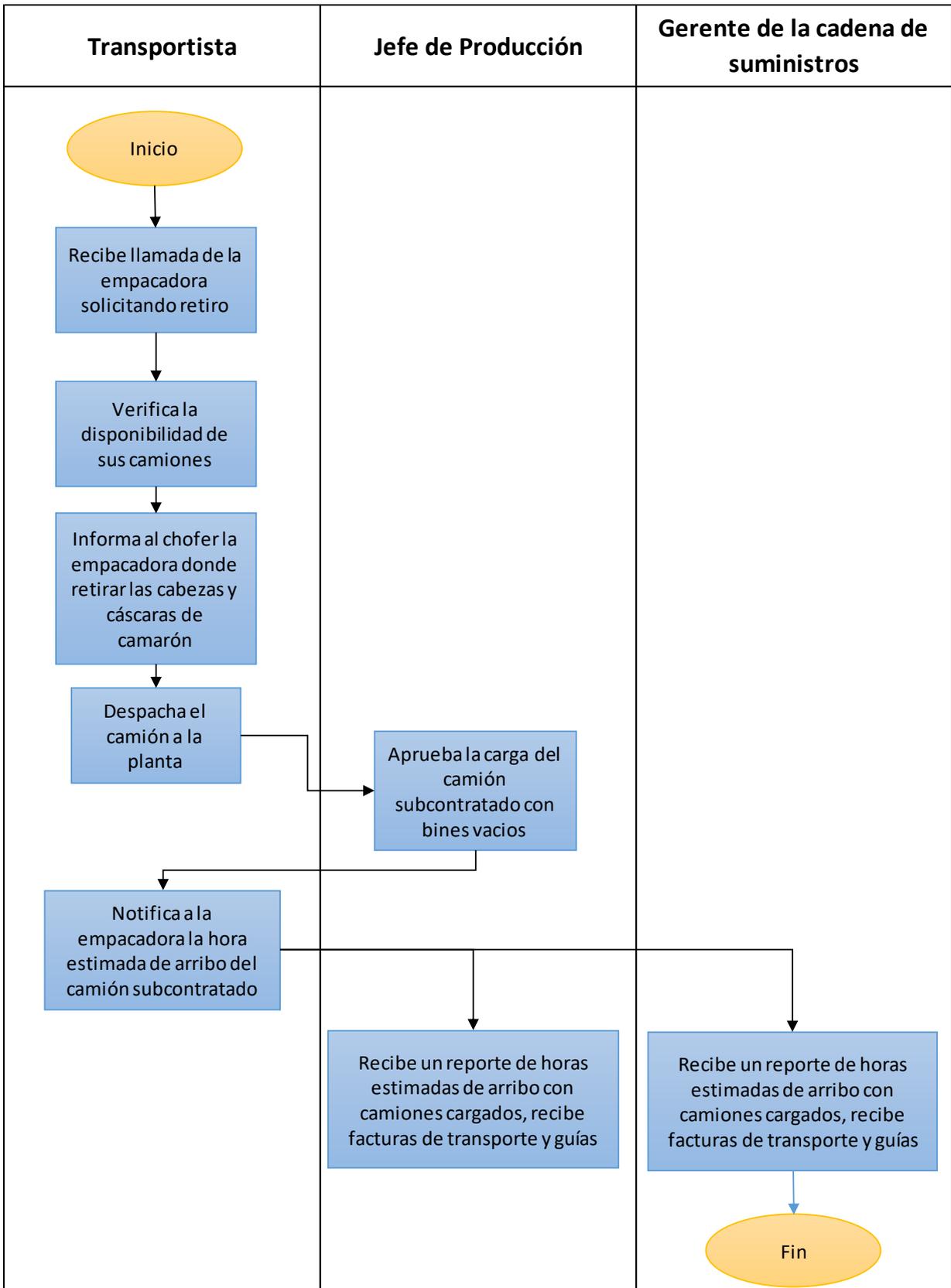


Figura 2.1 Proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón

2.1.1.2 Horarios de despacho de las empacadoras de camarón y Asignación de costos de transporte por ruta

Los horarios y el número de despachos (Tabla 2.1) de las empacadoras son parte fundamental para la planificación de los recorridos. Esta información se recolectó mediante entrevistas a los choferes subcontratados y al transportista, quienes manifestaron con base en su experiencia, que no siempre cumple el horario porque depende de la producción de cada empacadora. Sin embargo, es una valiosa referencia que podría ayudar a la planificación. La asignación de costos por ruta está definida en el contrato entre la empresa y el transportista (Tabla 2.2).

Tabla 2.1 Horarios de despacho de las empacadoras de camarón

Zona	Nombre	Horario de despachos		
		N° 1	N° 2	N° 3
Daule	Transity	4:30 PM		
Daule	Procamaronex	4:00-5:00 PM		
Vía a la costa	Pro expo	1:00 PM	4:00pm	
Daule	Zambritiza	12:00 PM	5:00pm	
Daule	Frigopesca	12:00 PM	4:00pm	
Durán	Maramar	5:00 PM		
Durán	Proriosa	4:00pm	5:00pm	
Exclusas	Songa	11:00 AM	4:00pm	9:00pm
Daule	Cofimar	4:00 PM		
Durán	Omarsa	9:00am-10:00 AM		
Durán	Empacreci	12:00pm-2:00 PM		
Durán	Expalsa	12:00pm-2:00 PM		

Elaboración propia.

Tabla 2.2 Asignación de costos por zona

Zona	Costo Viaje por camión (dólares)
Durán	\$60 día (8:00-20:00) y \$70 noche (20:00-08:00)
José Fin	\$75
Vía Daule	\$60
Vía la costa	\$70

Elaboración propia.

Algunas cláusulas del contrato se detallan a continuación:

- Durán: Si el número de camiones usados durante una jornada (día o noche) excede el permitido (3) para el camión extra (4,5, etc.) costará un adicional de \$20.
- Si un camión visita 2 o más empacadoras en una misma zona, se mantendrá el costo de un solo viaje.

2.1.2 Costos de recolección y toneladas de MP

Se observa en figura 2.2 que Durán es la principal zona de retiro, la cual entregó en los últimos 5 meses un poco más del 50% y de la figura 2.3 se observa que Durán y Vía Daule son las zonas que generan la mayor cantidad de costos de recolección de MP. Además, se tiene en cuenta que la variable costo de recolección es la variable que depende de la empresa, motivo por el cual es la que se debe atacar a fin de reducir el costo por tonelada recolectada. La información completa de los costos totales y toneladas de MP recolectadas mensualmente se encuentra en el Apéndice A.



Figura 2.2 Toneladas recolectadas por zona

Elaboración propia.



Figura 2.3 Costo de recolección por zona

Elaboración propia.

2.1.2.1 Capacidad y utilización de los camiones

A continuación (Tabla 2.4) se presentan las capacidades nominales de los camiones de la empresa y los subcontratados en ton y en función de número de bins que la empresa utiliza.

Tabla 2.3 Capacidad de camiones de la empresa y subcontratados

Capacidad de camiones de la empresa y subcontratados						
Propiedad del Camión	N° Camión	Capacidad nominal del camión (ton)	Capacidad en función de # bins rojos	Capacidad en función de # bins verdes	Capacidad en función de bins rojos (ton)	Capacidad en función de bins verdes (ton)
Empresa	1	4,5	10	8	5	4,8
Transportista	2	6	12	10	6	6
Transportista	3	4	10	8	5	4,8
Transportista	4	4	10	8	5	4,8
Transportista	5	4	10	8	5	4,8
Empresa	6	4,5	10	8	5	4,8
Empresa	7	4,5	10	8	5	4,8
Transportista	8	4	10	8	5	4,8
Transportista	9	4	10	8	5	4,8
Transportista	10	4,5	10	8	5	4,8
Transportista	11	5,5	12	10	6	6
Transportista	12	4	10	8	5	4,8
Transportista	13	4	10	8	5	4,8

Elaboración propia.

La empresa destina los camiones propios de la planta para la recolección de vísceras de pescado en la ciudad de Manta. La capacidad de cada bin rojo y verde es de 500 kg y 600 kg respectivamente. En la práctica los camiones son usados hasta un máximo del 130% de su capacidad nominal.

En la tabla 2.5 se evidencia que los camiones subcontratados están subutilizados por esta razón, en la sección de análisis de datos se analizó como la utilización impacta al costo por tonelada.

Tabla 2.4 Utilización de camiones subcontratados

Intervalos de confianza(95%) de la utilización de los camiones				
Camiones	Aguaje		Quiebre	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
2	52%	61%	45%	49%
3	58%	60%	55%	58%
4	54%	66%	47%	53%
5	59%	65%	34%	46%
8	51%	65%	45%	47%
9	57%	64%	48%	59%
10	64%	79%	46%	61%
11	45%	55%	38%	42%
12	60%	81%	54%	59%
13	50%	68%	48%	56%

Elaboración propia

2.1.3 Plan de recolección de datos

Para determinar los factores más importantes dentro del proceso de recolección que influyen en el costo por tonelada, se elaboró un plan de recolección con el objetivo de definir los datos necesarios, los responsables de obtenerlos, y la forma de recolectarlos para luego ejecutar el plan.

Variables de Respuesta y KPI

Para el desarrollo de este proyecto se consideraron dos variables de respuesta que miden cuantas toneladas de cabeza y cáscara la empresa recolecta y el dinero que se gasta en esta operación, las cuales se presentan a continuación:

- **Y1:** Costo de recolección de cabeza y cáscara de camarón.
- **Y2:** Toneladas de MP recolectada

El indicador clave de rendimiento (KPI) Costo por tonelada es una función de estas dos variables (Ver ecuación 2.1).

$$\text{Costo por tonelada (CT)} = \frac{\text{Costo de recolección (Y1)}}{\text{Toneladas de MP recolectada (Y2)}} \quad (2.1)$$

Factores de estratificación

Se realizaron reuniones con el GCS y transportista de la empresa (figura 2-1) en las que se hizo una introducción al problema de altos costo por tonelada presente en la empresa para que conozcan con más detalle del proyecto y sus potenciales beneficios. Gracias a estas conversaciones se pudieron determinar factores de estratificación que tendrían un potencial impacto en el costo por tonelada, los cuales se presentan a continuación:

- **X1:** Número de viajes.
- **X2:** Número de camiones usados.
- **X3:** Utilización por viaje de los camiones.
- **X4:** tiempos de servicio.
- **X5:** tiempos de viaje.

Los factores X4 y X5 fueron utilizados para realizar la simulación de la implementación de las mejores propuestas en la sección 2.4.

Los detalles de: cómo, dónde, por qué y por quién se medirán estos factores se encuentran incluidos en el Apéndice B “Plan de Recolección de Datos”.

2.2 Análisis

Una vez consolidada toda la información de las variables de respuesta, KPI y los factores de estratificación se procedió con los análisis.

Dentro de esta etapa se presentan los resultados de los tipos de variables como son las variables de respuesta, KPI y los factores para luego establecer un plan de verificación de causas en el que se presenta la teoría acerca del impacto de los factores sobre las variables de respuesta y el KPI y las herramientas estadísticas para realizar el análisis. Además, en esta sección se presenta los resultados del análisis determinando qué factores tuvieron influencia significativa sobre las variables de respuesta (Y1, Y2) y el KPI.

2.2.1 Prueba de normalidad

Con el objetivo de seleccionar qué tipo de tratamiento estadístico se le dio a todas las variables se comprobó su normalidad. A continuación se muestra en la tabla 2.6 el resumen de los resultados.

El detalle de todos los análisis que se hicieron a las 6 variables (Y1, Y2, KPI, X1, X2, X3) se encuentran en el Apéndice C.

Tabla 2.5 Resumen de prueba de normalidad

Variable	Tipo de variable
KPI: Costo por tonelada	Normal
Y1: Costo de recolección	Normal
Y2: Toneladas de RM recolectadas	Normal
X1: Número de viajes	No Normal
X2: Número de camiones usados	Normal
X3: Utilización por viaje de los camiones	Normal

Elaboración propia.

2.2.2 Plan de verificación de causas

Una vez definido el tipo de variables, se seleccionó el tratamiento de datos según su naturaleza. En la figura 2.4 se presenta el esquema de las herramientas estadísticas que se aplicaron para el análisis.

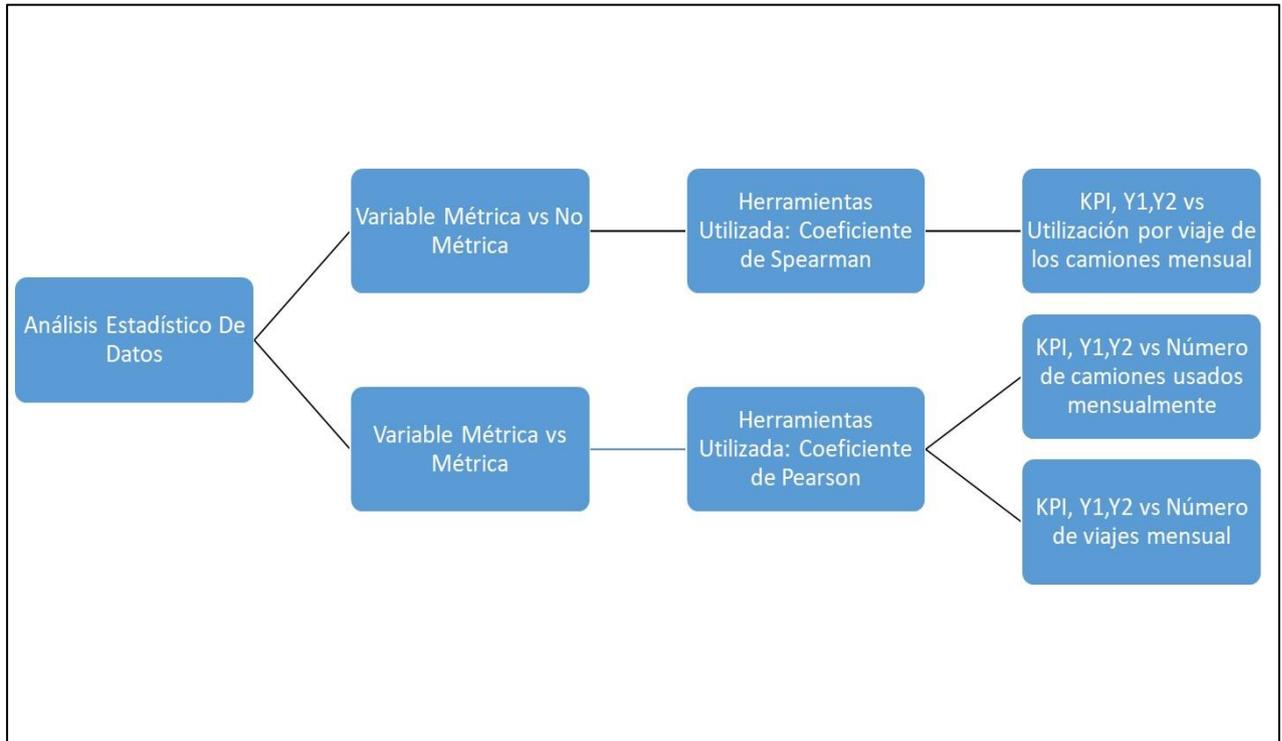


Figura 2.4 Esquema de selección de herramientas estadísticas

Elaboración propia.

2.2.3 Análisis estadístico de los factores

Después de establecer las herramientas de verificación de los factores se realizó el análisis estadístico de estos 3 factores contra las variables de respuesta (Y1, Y2) y el KPI. En esta sección se presentará el análisis de solo uno de estos factores, a modo ilustrativo, y un cuadro resumen de los factores del impacto que tienen sobre el KPI y las variables de respuestas. En el Apéndice D se podrán encontrar las pruebas estadísticas para el resto de factores.

X1: Número de viajes; KPI

Para verificar si el factor número de viajes tiene influencia sobre el costo por tonelada (KPI) se hizo un análisis de correlación de Pearson en el software estadístico Minitab 17, para una prueba de hipótesis:

H0: El número de viajes no tiene influencia en el costo por tonelada

vs

H1: El número de viajes tiene influencia en el costo por tonelada

Correlación: KPI; Número de viajes

Correlación de Pearson de KPI y Número de viajes = -0,645 Valor p = 0,000

Figura 2.5 Resultados de Estadísticos

Fuente: MINITAB 17, 2017.

Conclusión: Con valor **P** igual a **0.000** (ver figura 2.5) se rechazó la hipótesis nula, se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el número de viajes tiene influencia en el costo por tonelada y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Adicional se hizo un gráfico de dispersión para conocer la relación entre el factor y el KPI, en la figura 2.6 se puede observar que son inversamente proporcionales entre sí.

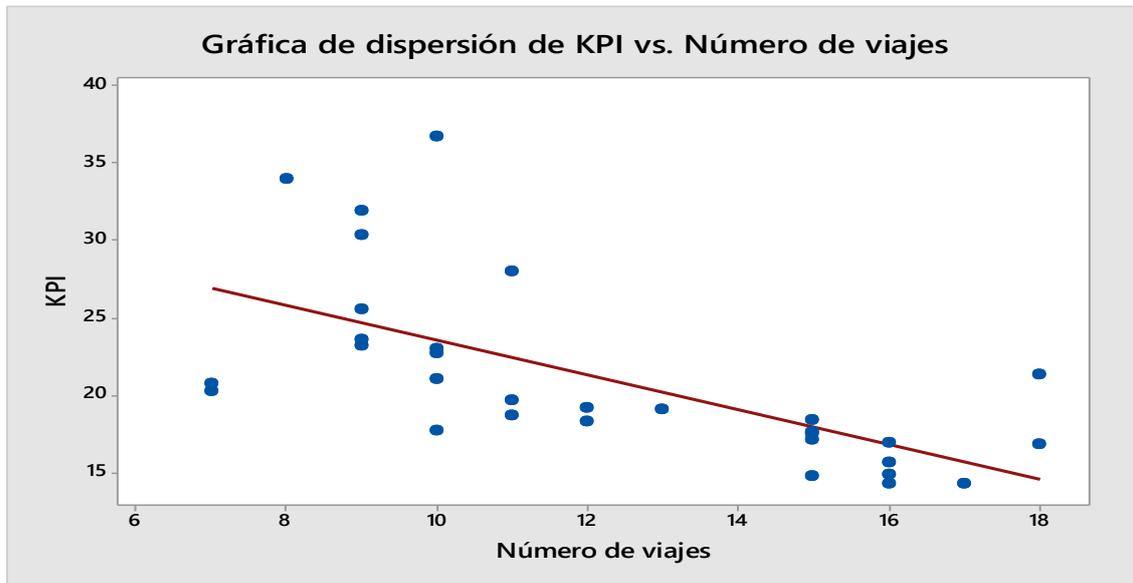


Figura 2.6 Diagrama de dispersión del KPI vs Número de viajes

Elaboración propia.

En la tabla 2.7 se muestra los resultados de las pruebas de verificación que se hicieron a los factores, en este resumen está incluido sólo el análisis de los factores versus el costo por tonelada debido a que el KPI ya es suficientemente explicativo pues contiene a las variables Y1 y Y2.

Tabla 2.6 Factores Analizados

Factor	Herramienta Utilizada	Valor P	Conclusión	Impacto del Factor
X1: Número de viajes	Correlación de Pearson	0,000	Se rechaza Ho, el número de viajes sí tiene influencia en el costo por tonelada	INFLUYE: Aumenta el costo por tonelada
X2: Número de camiones usados	Correlación de Pearson	0,032	Se rechaza Ho, el número de camiones usados sí tiene influencia en el costo por tonelada	INFLUYE: Aumenta el costo por tonelada
X3: Utilización por viaje de los camiones	Correlación de Spearman	0,000	Se rechaza Ho, la utilización por viaje de los camiones sí tiene influencia en el costo por tonelada	INFLUYE: Disminuye el costo por tonelada

Elaboración propia.

2.2.4 Análisis 5 ¿Por Qué's?

Después de concluir qué factores influyen sobre el costo por tonelada, se realizó un análisis 5 por qué's para determinar la causa raíz de problemas generados cuando estos factores aumentan o disminuyen. En este análisis se realiza sucesivamente la pregunta "¿por qué?" hasta hallar la causa raíz al problema. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 2.8.

Tabla 2.7 Análisis 5 ¿Por qué's?

Problema	El costo por tonelada de MP recolectada es alto					Causa Raíz
¿Qué?	1 ¿Por Qué?	2 ¿Por Qué?	3 ¿Por Qué?	4 ¿Por Qué?	5 ¿Por Qué?	
1. Cuando el número de viajes aumenta, el costo por tonelada aumenta	Porque se envía un camión subcontratado para cada empacadora	Porque no se llama a verificar a otras empacadoras si se pueden despachar	Porque la gestión de la recolección la realiza el transportista contratado	Porque la gestión de la recolección no es un proceso interno de la empresa		1. La gestión de la recolección no es un proceso interno de la empresa
2. Cuando la utilización por viaje de los camiones disminuye, el costo por tonelada aumenta	Porque los camiones subcontratados trabajan con una utilización del 10-40% en quiebre y 30-60% agujaje (rangos)	Porque no se llama a verificar a otras empacadoras si se pueden despachar	Porque no existe una gestión diaria de los retiros por parte del gerente de la cadena de suministros sino por el transportista			2. La gestión de la recolección no es un proceso interno de la empresa
3. Cuando el número de camiones usados aumenta, el costo por tonelada aumenta	porque se disponen de 11 camiones subcontratados para los retiros de materia prima	Porque no se utiliza los 3 camiones propios de la planta porque esperan mucho afuera de planta para ingresar a descargar				3. No se utilizan los camiones de la planta debido a que se desocupan entre las 4-8pm

Elaboración propia.

2.3 Fase de mejora

Una vez determinadas las causas raíces del problema, se plantearon alternativas de soluciones con el fin que pudiesen cumplir con los objetivos propuestos al comienzo del proyecto (Tabla 2.9).

Tabla 2.8 Relación entre causas y soluciones

Causa Raíz	Soluciones Propuestas
1. y 2. La gestión de la recolección no es un proceso interno de la empresa	A. Rediseño del proceso de gestión de recolección de cabeza y cáscara de camarón.
3. No se utilizan los camiones de la planta debido a que se desocupan entre las 4-8pm	B. Establecer regla de priorización para el ingreso de los camiones propios a planta para descargar. C. Construir un muelle de descarga más amplio para reducir los tiempos de espera en el ingreso de los camiones de la empresa y subcontratados.

Elaboración propia.

2.3.1 Evaluación y selección de soluciones

Una vez definidas las alternativas de solución es importante identificar cuáles de estas es conveniente implementar, con el objetivo que tenga un alto impacto sobre el costo por tonelada de la recolección de cabeza y cáscara de camarón. Las soluciones propuestas fueron evaluadas en una matriz de Impacto-Esfuerzo (Figura 2.7) donde se ubican según su nivel de impacto al problema y el esfuerzo que se requiere para implementarlas.

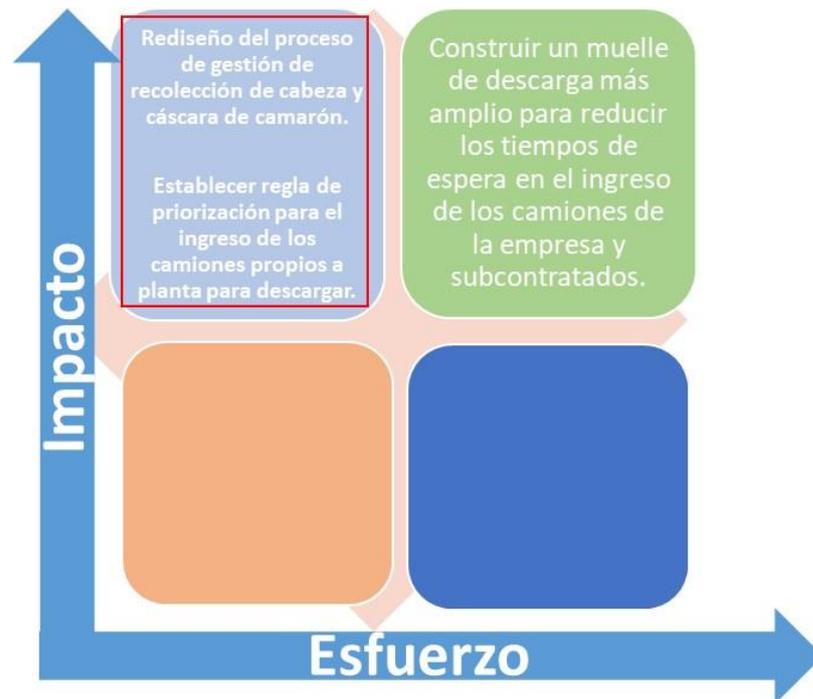


Figura 2.7 Matriz impacto-esfuerzo de soluciones

Elaboración propia.

Las soluciones fueron presentadas y explicadas detalladamente al gerente financiero y el gerente de la cadena de suministros, quienes junto con los líderes del proyecto discutieron los criterios para ubicar las soluciones en la matriz impacto-esfuerzo.

Una vez evaluadas las soluciones, se seleccionaron (ver tabla 2.10) las dos más factibles que se aplicarán con las recomendaciones de los gerentes y las personas involucradas en el proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón.

Tabla 2.9 Soluciones para implementar

Soluciones
A. Rediseño del proceso de gestión de recolección de cabeza y cáscara de camarón
B. Establecer regla de priorización para el ingreso de los camiones propios a planta para descargar.

Elaboración propia

2.3.2 Propuestas de mejora

Se crearon 2 propuestas de mejora con las soluciones escogidas y un plan de implementación para ambas propuestas de mejora que se encuentra al final de esta sección (Tabla 15). A continuación se presentan las propuestas y su respectiva justificación.

Propuesta A

La primera propuesta establecida fue el rediseño del proceso de gestión de recolección de cabeza y cáscara camarón.

Justificación

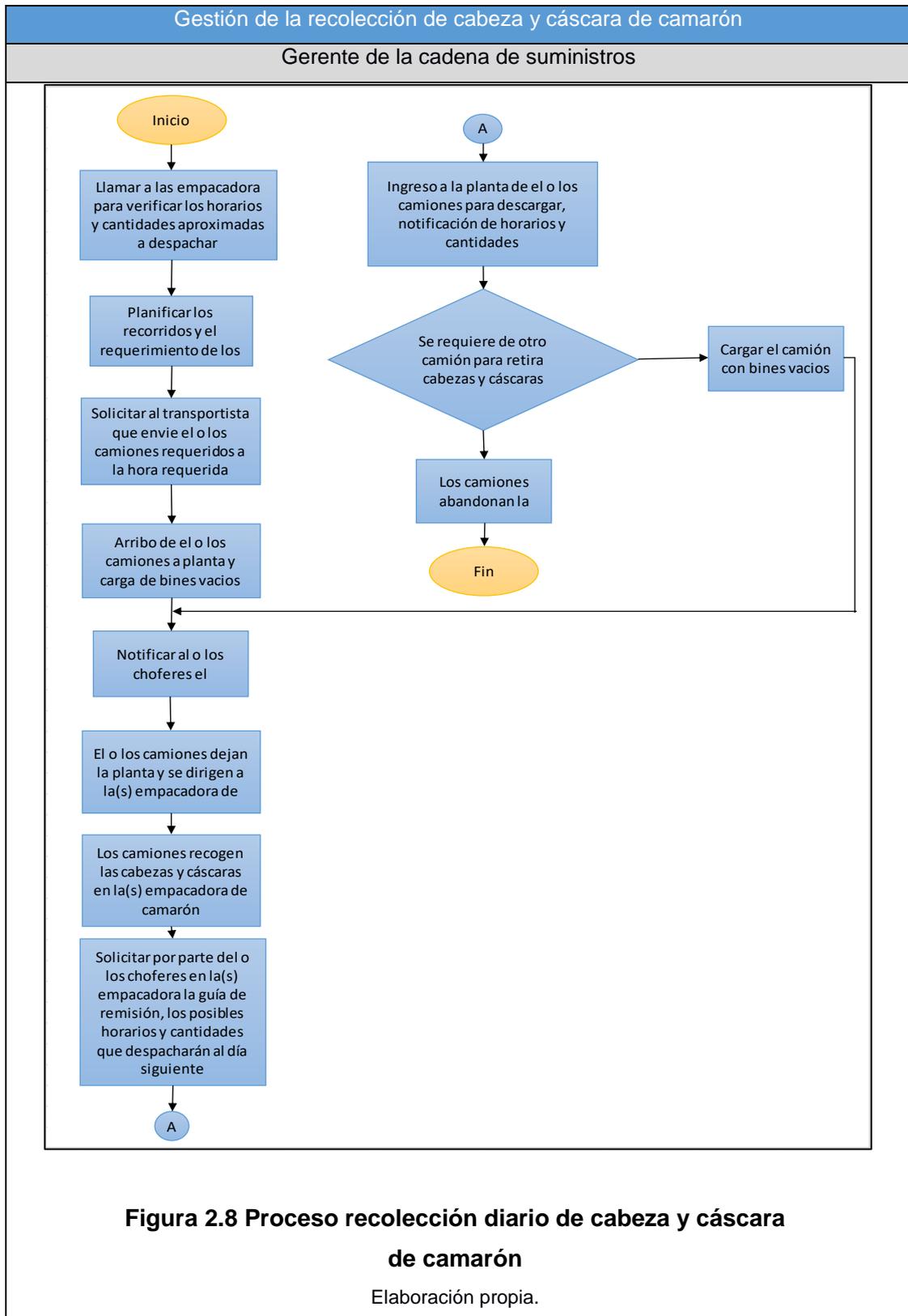
Teniendo presente que actualmente el proceso lo gestiona el transportista, se sugiere que sea interno y una persona de la empresa asignada por gerencia sea el encargado de realizar las planificaciones de los recorridos y requerimiento de camiones para retirar la MP según: los horarios, volúmenes de despacho previamente estimados de llamadas a las empacadoras, con el objetivo de reducir el número de viajes diarios. En la tabla 13 se muestra el rediseño del proceso de recolección de la cabeza y cáscara de camarón.

Criterios para la planificación de los viajes

1. Hora de salida de la empacadora n + tiempo de viaje de n a $n+1$ \leq Hora de entrada de la empacadora $n+1$.
2. Kg recolectados en la empacadora n + Kg recolectados en la empacadora $n+1$ \leq 1.3 capacidad del camión.

Para el criterio 1 la holgura de tiempo que se puede obtener si un camión sobrepasa su tiempo de arribo de la hora de entrada a la empacadora, va a depender de la gestión que se realice directamente con la empacadora, pudiendo extenderse dependiendo de los acuerdos que se logren.

Tabla 2.10 Rediseño del proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón



Propuesta B

La segunda propuesta establecida fue la creación de una regla de priorización para el ingreso de los camiones propios a planta para descargar. Esta se define de la siguiente manera:

“Si un camión de la empresa arriba a planta y en la cola están esperando camiones subcontratados, el camión de la empresa tendrá prioridad en el ingreso a planta”

Justificación

Esta propuesta tiene por objetivo establecer una priorización en el ingreso de los camiones a planta, desocupándolos en menos tiempo y teniéndolos disponibles para recolectar cabeza y cáscara de camarón.

El transportista cobra por viaje, por lo tanto si los camiones subcontratados esperan más tiempo no incurrirá en costos adicionales y se tendrá como ventaja una flota de dos camiones propios disponibles para la recolección de cabeza y cáscara de camarón a partir de las 4pm aproximadamente, debido a que el tercer camión propio de la empresa tiene que volver a manta a recolectar vísceras de pescado, por lo tanto sólo es posible aprovechar 2 de los 3 camiones que la empresa dispone. Se tomaron datos de los arribos de los camiones propios a la planta y se conversó con los choferes que manejan los camiones propios, con el guardia de la garita (Tabla 2.12) para conocer una hora aproximada del día ellos arriban a la empresa e ingresan a la planta.

Tabla 2.11 Horarios de ingresos y salidas de la planta de camiones propios

Bitácora de ingreso y salida de camiones propios a la planta				
FECHA	CAMIÓN	HORA ARRIBO	HORA ENTRADA	HORA SALIDA
20/6/17	6	14:00	17:00	17:30
20/6/17	1	14:10	18:00	18:25
20/6/17	7	14:08	18:25	19:00
21/6/17	7	14:15	16:20	17:00
21/6/17	1	14:30	17:00	17:30
21/6/17	6	14:20	17:32	18:00
22/6/17	1	13:50	15:30	15:50
22/6/17	6	14:00	15:55	16:30
22/6/17	7	14:10	16:40	17:10
23/6/17	6	13:57	15:30	16:00
23/6/17	7	13:30	15:00	15:28
23/6/17	1	14:00	16:05	16:35

Elaboración propia.

De los datos recolectados y de las entrevistas pudimos encontrar que los camiones propios llegan alrededor de las 13:30 – 14:30 de lunes a viernes y esperan alrededor de

2 a 4 horas, por lo tanto, la hora de salida es alrededor de las 16:00 a las 19:00. Los fines de semana los camiones de la empresa no recolectan vísceras en manta, por lo tanto se dispone del todo el fin de semana para su aprovechamiento.

Para usar los camiones de lunes a viernes a partir de las 4pm y los fines de semana todo el día, se subcontratará choferes, debido a que los choferes de la empresa cumplen jornadas de 4am a 4pm de lunes a viernes y no trabajan los fines de semana.

La cotización del número de choferes por turnos y días fue realizada al transportista quien puede proveer de este recurso, a continuación se muestra en la tabla 2.13 el detalle de la cotización.

Tabla 2.12 Cotización de choferes subcontratados

Turno	Costo (\$/chofer)	Días	# choferes por día
4pm – 2am	\$40	Lunes - Viernes	2
12am – 12pm	\$40	Sabado - Domingo	3
12pm – 12am	\$50	Sabado - Domingo	3

Elaboración propia.

Tabla 2.13 Plan de Implementación

¿Qué?	¿Por Qué?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Rediseño del proceso de gestión de recolección de cabeza y cáscara de camarón.	<ul style="list-style-type: none"> - Tener el control de la planificación de los viajes y el requerimiento de los camiones - Reducir el número de viajes - Aumentar la utilización 	Departamento de logística	Gerente de la cadena de suministros	<ul style="list-style-type: none"> -Verificando por medio de llamadas a las empacadoras cuando estas pueden despachar y los volúmenes de despacho -Planificando recorridos cumpliendo la política de 85% utilización del camión por viaje. 	\$0	21-Agosto-17
Establecer regla de priorización para el ingreso de los camiones propios a planta para descargar y subcontratar Choferes.	<ul style="list-style-type: none"> -Tener disponibles de lunes a viernes los 2 camiones propios a partir de las 4pm y los fin de semana las 24hrs, para la recolección de cabeza y cáscara de camarón - Reducir el requerimiento de camiones subcontratados - Reducir los viajes que son realizados por camiones subcontratados 	Garita de la empresa	Gerente de la cadena de suministros	<ul style="list-style-type: none"> - Estableciendo una regla de priorización que indique: si un camión propio arriba a la empresa y en la cola están camiones subcontratados esperando, el camión propio tendrá prioridad en el ingreso a planta. - Subcontratar choferes 1 turno de lunes a viernes y 2 turnos los fines de semana. 	\$3500 mensual	21-Agosto-17

Elaboración propia.

2.3.3 Implementación

Con el objetivo de estimar la reducción del KPI, ahorros de costos mensuales, se consideró para la simulación en Excel los datos históricos de aguaje y quiebre del mes de mayo, de manera que se pudiese comprobar que las mejoras planteadas en la sección 2.3 cumplan con el objetivo planteado al principio del proyecto. Los resultados se muestran en el capítulo 3.

En el apéndice E se muestra una figura de la simulación realizada en el software Excel y otra de la de la manera en cómo se realizaron los recorridos. Además, se incluyeron columnas que ayudan al registro e información y planificación de los viajes.

2.3.4 Determinación del período de estudio

Tanto para la simulación y el análisis de resultados, se utilizó la información histórica de: costos, kg de cabezas y cáscaras de camarón recolectada, hora de entrada y salida por empacadora, hora de arribo de camiones de la empresa a la planta, hora de entrada a planta del mes de mayo, siendo considerado un mes típico y representativo dado que sus costos tienen una relación lineal con los costos trimestrales de recolección.

Tabla 2.14 Determinación del Período de Estudio

Data/Período	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Costos	X	X	X	X	X	X	X	X
Kg de cabeza y cáscara de camarón recolectada	X	X	X	X	X	X	X	X
Hora de entrada a empacadora					X	X	X	X
Hora de salida a empacadora					X	X	X	X
Hora de arribo camiones de la empresa a la planta					X	X	X	X
Hora de entrada a la planta	X	X	X	X	X	X	X	X

Elaboración propia.

Para determinar si el mes de mayo es un mes típico y representativo para realizar la comparación de los resultados, se analizaron los costos totales de 3 meses y del mes de mayo, obteniendo como resultado (ver tabla 2.16) que mayo equivale aproximadamente

al 1/3 de los costos de recolección de 3 meses, concluyendo que los costos mensuales no tienen presentan mucha variación.

Tabla 2.15 Comparación de costos trimestrales y Mayo

3 meses	Mayo
\$424.697,00	\$151.534,00

Elaboración propia

2.4 Fase de control

Con el objetivo de que las mejoras implementadas en la sección anterior se mantengan a lo largo del tiempo, RRHH debe añadir a las funciones del gerente de la cadena de suministros la gestión de la recolección de cabezas y cáscara de camarón, así como revisar las bitácoras de arribos y entras a la planta de los camiones de la empresa, cerciorándose que la política de priorización se está llevando a cabo.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

En esta sección se realizó un análisis estadístico a los datos de la simulación para verificar si las soluciones implementadas en el proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón contribuirían a la reducción del KPI, así también estimar los ahorros que obtendría la empresa.

Estimación del ahorro mensual

Para calcular el ahorro mensual que se pudo haber obtenido si se consideraban las propuestas de mejora, se utilizaron los datos de los ahorros diarios en aguaje y quiebre obtenidos de la simulación.

Se calculó el promedio porcentual de las diferencias entre el costo total diario antes y después de las mejoras los cuales se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Ahorro porcentual diario en Aguaje y Quiebre

N° muestra	Ahorro Porcentual	
	Aguaje	Quiebre
1	28%	23%
2	27%	25%
3	35%	26%
4	13%	22%
5	10%	28%
6	15%	35%
Promedio	21%	27%

Elaboración propia.

Tabla 3.2. Costo total en Aguaje y Quiebre de Enero a Mayo

Mes	Aguaje	Quiebre
Enero	\$8.730,00	\$9.645,00
Febrero	\$9.450,00	\$11.000,00
Marzo	\$8.400,00	\$10.660,00
Abril	\$10.202,17	\$14.745,00
Mayo	\$9.880,00	\$15.250,00

Elaboración Propia.

Luego, se calculó el ahorro mensual multiplicando el costo mensual en aguaje y quiebre (ver tabla 3.2) por el ahorro porcentual promedio de la tabla 3.1 obteniendo los ahorros para cada mes, como se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Ahorro mensual en Aguaje, Quiebre y total

Mes	Ahorro		Total
	Aguaje	Quiebre	
January	\$1.859	\$2.599	\$4.458
February	\$2.013	\$2.964	\$4.977
March	\$1.789	\$2.872	\$4.661
April	\$2.173	\$3.973	\$6.146
May	\$2.104	\$4.109	\$6.213

Elaboración propia.

Con la información de la tabla 3.3 se determinó los costos totales y el KPI antes y después de las mejoras, como se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Costos totales, KPI antes y después

Antes			Después		
Costo Total (\$)	MP (KG)	KPI (\$/TON)	Costo Total (\$)	MP (KG)	KPI (\$/TON)
\$18.327,24	811.688,73	\$22,58	\$13.869	811.688,73	\$17,09
\$20.450,00	1.070.253,18	\$19,11	\$15.473	1.070.253,18	\$14,46
\$19.060,00	1.002.848,34	\$19,01	\$14.399	1.002.848,34	\$14,36
\$24.947,17	1.342.039,67	\$18,59	\$18.801	1.342.039,67	\$14,01
\$25.130,00	1.380.904,72	\$18,20	\$18.917	1.380.904,72	\$13,70

Elaboración Propia.

Comparación de resultados

Para visualizar diferencias apreciables del KPI antes y después, con los datos de la tabla 3.4 se realizó un diagrama de cajas donde se pudo apreciar que existía una diferencia considerable, a continuación se muestra la figura 3.1.

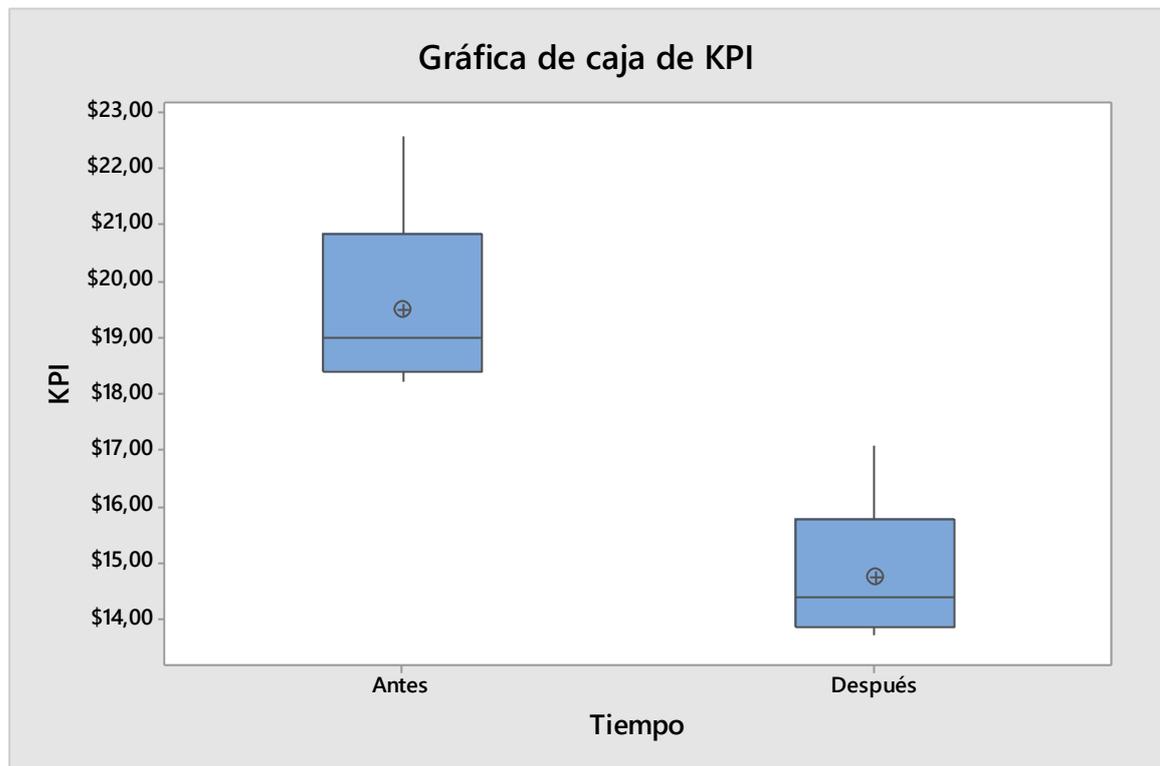


Figura 3.1 Diagrama de cajas del KPI antes y después en Aguaje y Quiebre.

Elaboración propia.

Con el fin de conocer la reducción del KPI se realizó una prueba de hipótesis t de 2 muestras para una diferencia entre el KPI antes y después del \$3.5/ton o 17%.

Se definió el siguiente contraste de hipótesis:

Ho: la media del KPI(antes) – media del KPI después = 3,5

vs

H1: la media del KPI(antes) – media del KPI después > 3,5

Con el fin de demostrar que la reducción el KPI es de al menos un 17%, se definió la hipótesis nula con el símbolo de igual qué. De ser rechazada indicaría que la reducción del KPI obtenida con la simulación es de al menos un 17%.

Prueba T e IC de dos muestras: Antes; Después

T de dos muestras para Antes vs. Después

Error
estándar
de la

N	Media	Desv.Est.	media	
BEFORE	5	19,50	1,76	0,79
AFTER	5	14,121	0,830	0,37

Diferencia = μ (Antes) - μ (Después)

Estimación de la diferencia: 5,375

Límite inferior 95% de la diferencia: 3,620

Prueba T de diferencia = 3,5 (vs. >): Valor T = 2,15 Valor p = 0,042 GL = 5

Figura 3.2 Resultados de la prueba de hipótesis.

Fuente: MINITAB 17, 2017.

Los resultados obtenidos del programa se observan en la Figura 3.2, el valor P de la prueba es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa. De lo anterior se puede concluir que existe suficiente para decir que el costo por tonelada se redujo en al menos un 17%, lo cual está dentro de los límites de especificación del 15%-25%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. Se detectaron 3 factores que influyen sobre el costo por tonelada de recolección de cabeza y cáscara. Si se controla estos factores, se puede controlar el valor del costo total y por consecuencia el costo por tonelada.
2. Se identificó que el proceso de recolección de cabeza y cáscara debe ser un proceso interno de la empresa (no asignado a un proveedor de transporte) para que se pueda planificar, controlar y mejorar.
3. Se propuso el rediseño del proceso de recolección de cabeza y cáscara de camarón, estableciendo criterios para la planificación de los recorridos con la finalidad de reducir el número de viajes y aumentar la utilización de los camiones subcontratados.
4. Se estableció una regla de priorización en el acceso a planta para descargar los 3 camiones de la empresa, lo cual permite disponer de 2 camiones de lunes a viernes desde las 16:00 para realizar la recolección de cabeza y cáscara. Además, se debe subcontratar 2 choferes de lunes a viernes y 3 por turno para los fines de semana.
5. A través de una simulación en Excel con datos históricos del mes de mayo, se probó que las propuestas planteadas reducen el costo por tonelada en al menos un 17%(\$3.5), a su vez genera un ahorro de aproximadamente de \$5291.

4.2 Recomendaciones

1. Establecer con las empacadoras de camarón horarios fijos o con ventanas horarias de recolección.
2. Desarrollar una herramienta logística para mejorar la planificación, utilizando modelos matemáticos.
3. Analizar la viabilidad financiera de la contratación de 2 choferes más para que usen los camiones de la empresa y realicen la recolección de cabeza y cáscara de camarón.
4. Evaluar el costo por beneficio que implica pagar más por la cabeza de camarón a las empacadoras para que retengan el producto en sus instalaciones.
5. Mejorar los procesos de carga y descarga de los camiones en la planta para reducir tiempos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ateico Consultores. (2016). Obtenido de <https://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/>
- Ganti, A., & G. Ganti, A. (2015). Six Sigma And Health Care. *IISE's Society for Health Systems*, 9.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Sexta ed.). Arizona: John Wiley & Sons, Inc.
- R. Ocampo, J., & E. Pavón, A. (2012). *Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos*. Universidad Tecnológica Centroamericana. Panamá City: LACCEI. Obtenido de <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- R. Ojeda, L. (2007). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. Guayaquil: The Math Works, Inc.
- Murugaiah, U., Benjamin, S. J, Marathamuthu, M., & Muthaiyah, S. (2010). *Scrap loss reduction using the 5-whys analysis*. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 527-540.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Costo de recolección y toneladas recolectadas de cabeza y cáscara por zona, año 2017

Zona de la Empacadora	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo	
	Total Recolección (Dólares)	MP Recolectada (Ton)								
Durán	\$ 4.030,00	306,13	\$ 8.380,00	625,95	\$ 4.510,00	439,72	\$ 10.000,00	722,60	\$ 10.640,00	766,37
José Fin	\$ 4.725,00	122,30	\$ 3.900,00	104,74	\$ 4.710,00	125,57	\$ 3.735,00	103,72	\$ 4.050,00	118,42
Vía Daule	\$ 7.192,24	286,35	\$ 6.000,00	267,62	\$ 6.900,00	326,11	\$ 7.622,17	385,64	\$ 7.140,00	377,46
Vía la Costa	\$ 2.380,00	96,90	\$ 2.170,00	71,94	\$ 2.940,00	111,45	\$ 3.590,00	130,08	\$ 3.300,00	118,66
Total general	\$ 18.327,24	811,69	\$ 20.450,00	1.070,25	\$ 19.060,00	1.002,85	\$ 24.947,17	1.342,04	\$ 25.130,00	1.380,90

APÉNDICE B

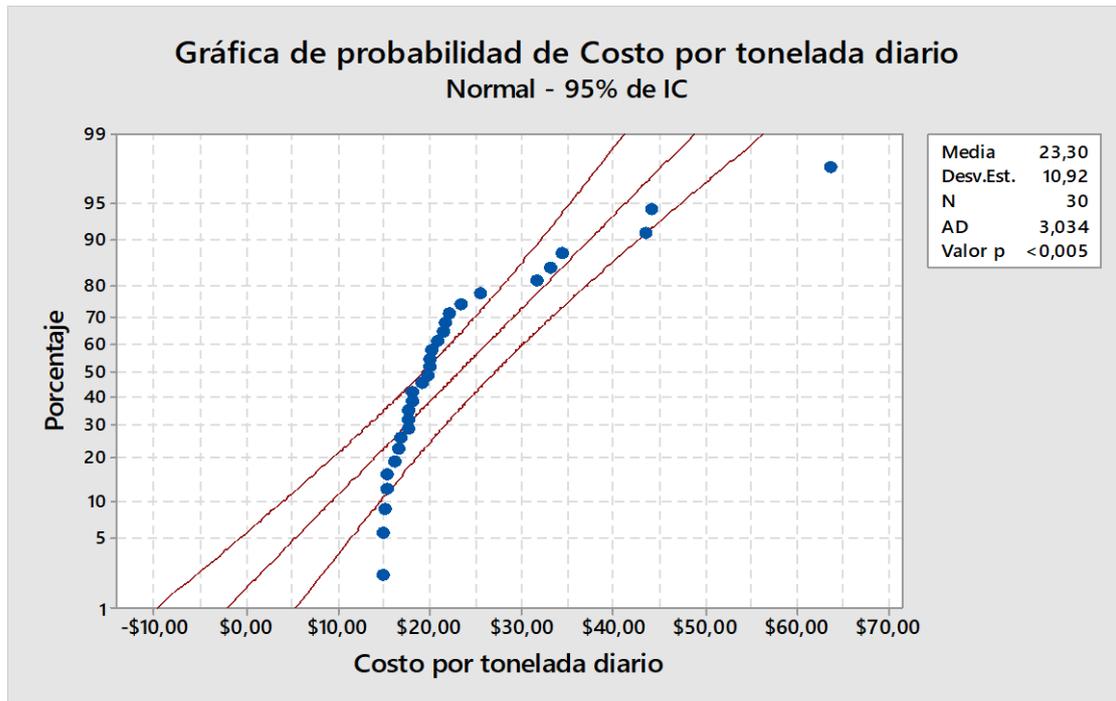
Plan de Recolección de Datos						
N°	QUÉ RECOLECTAR?	UNIDADES	TIPO DE DATOS	MÉTODO DE RECOLECCIÓN	PORQUE RECOLECTAR?	QUIÉN RECOLECTA?
1	Y ₁ : Costo de recolección	Dólares	cuantitativo	Del archivo "ingreso a MP" que la empresa nos facilitó, se extraerá la información mediante tablas dinámicas	Variable de Respuesta: se buscar observar que factores tienen influencia sobre el costo de recolección	líderes del proyecto
2	Y ₂ : Toneladas de MP recolectadas	Ton	cuantitativo	Del archivo "ingreso a MP" que la empresa nos facilitó, se extraerá la información mediante tablas dinámicas	Variable de Respuesta: se buscar observar que factores tienen influencia sobre el costo de recolección. Además, se la utilizará para la simulación.	líderes del proyecto
3	X ₁ : Número de viajes	Unid	cuantitativo	Del archivo "ingreso a MP" que la empresa nos facilitó, se extraerá la información mediante tablas dinámicas	Permitirá determinar estadísticamente si el número de viajes influye en el costo por tonelada	líderes del proyecto
4	X ₂ : Número de camiones usados	Unid	cuantitativo	Del archivo "ingreso a MP" que la empresa nos facilitó, se extraerá la información mediante tablas dinámicas	Permitirá determinar estadísticamente si el número de viajes influye en el costo por tonelada	líderes del proyecto
5	X ₃ : Utilización de camiones por viaje	N/A	cuantitativo	Del archivo "ingreso a MP" que la empresa nos facilitó, se extraerá la información mediante tablas dinámicas	Permitirá determinar estadísticamente si el número de viajes influye en el costo por tonelada	líderes del proyecto

6	X ₄ : Tiempos de servicio	min	cuantitativo	Con la ayuda de las guías de recepción y remisión restamos a la hora de la salida de la empacadora, la hora de llegada a la empacadora.	Estimar la distribución del tiempo de servicio en la empacadora para la simulación	líderes del proyecto
7	X ₅ : Tiempos de viaje	min	cuantitativo	Se utiliza la herramienta GOOGLE MAPS	Estimar el tiempo promedio de viaje en la empacadora para la simulación	líderes del proyecto

APÉNDICE C

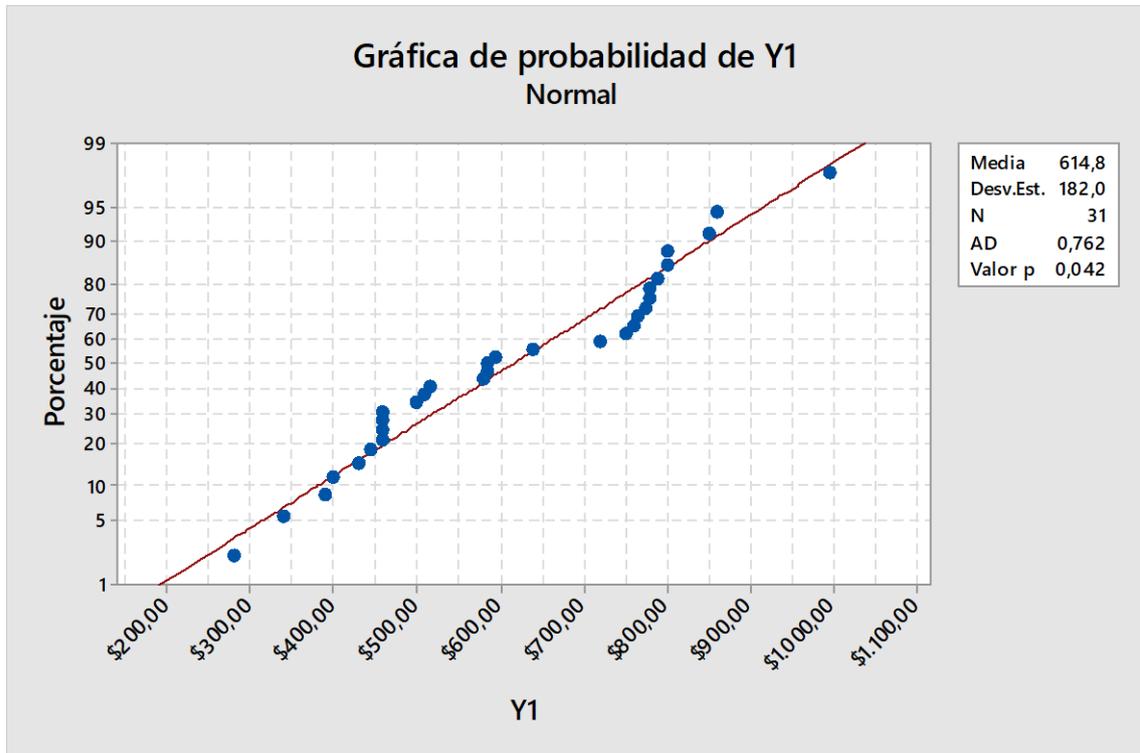
Pruebas de Normalidad

Y: Costo por tonelada



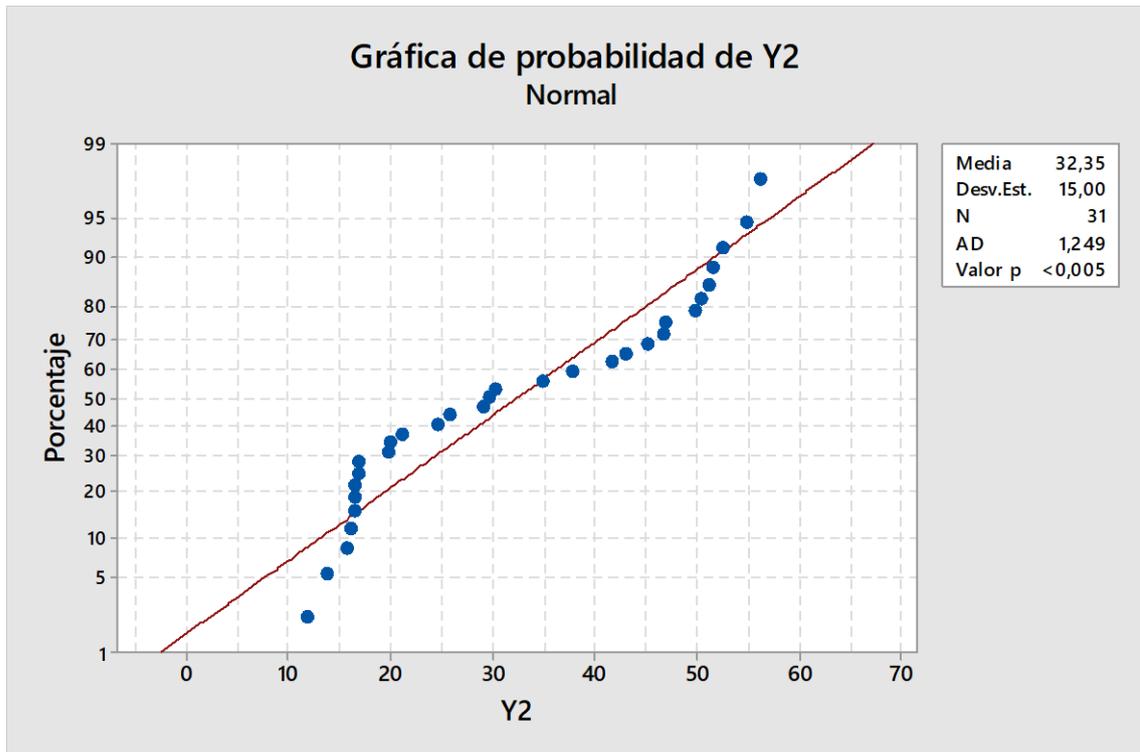
Debido a que tenemos un $p < 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

Y₁: Costo de recolección



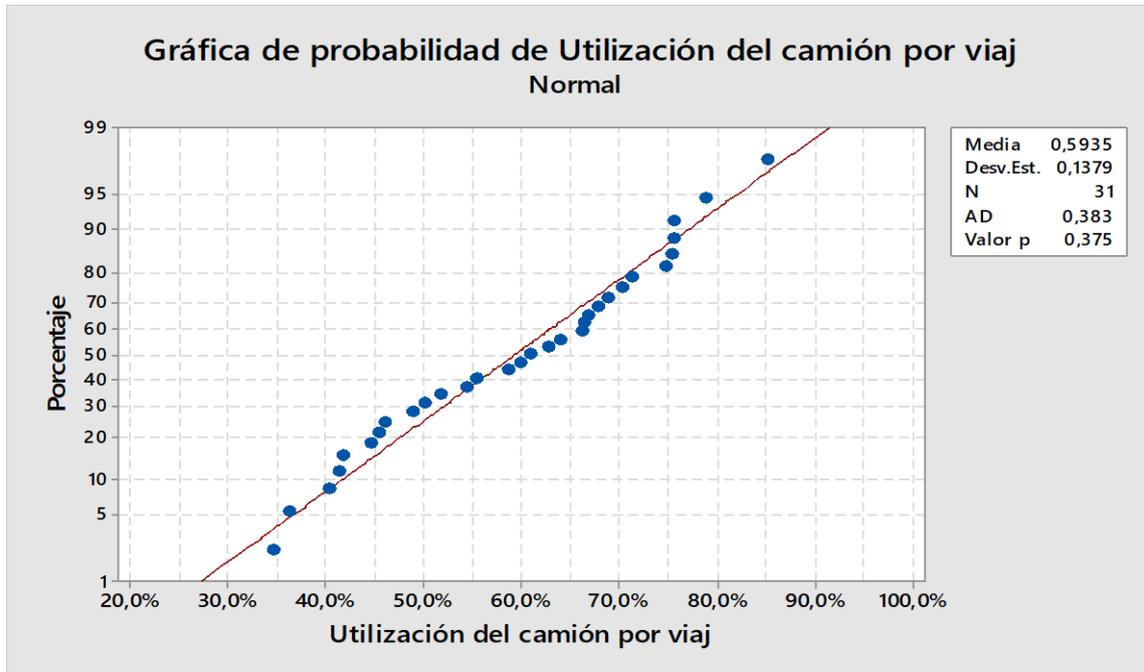
Debido a que tenemos un $p < 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

Y2: Toneladas de MP recolectada



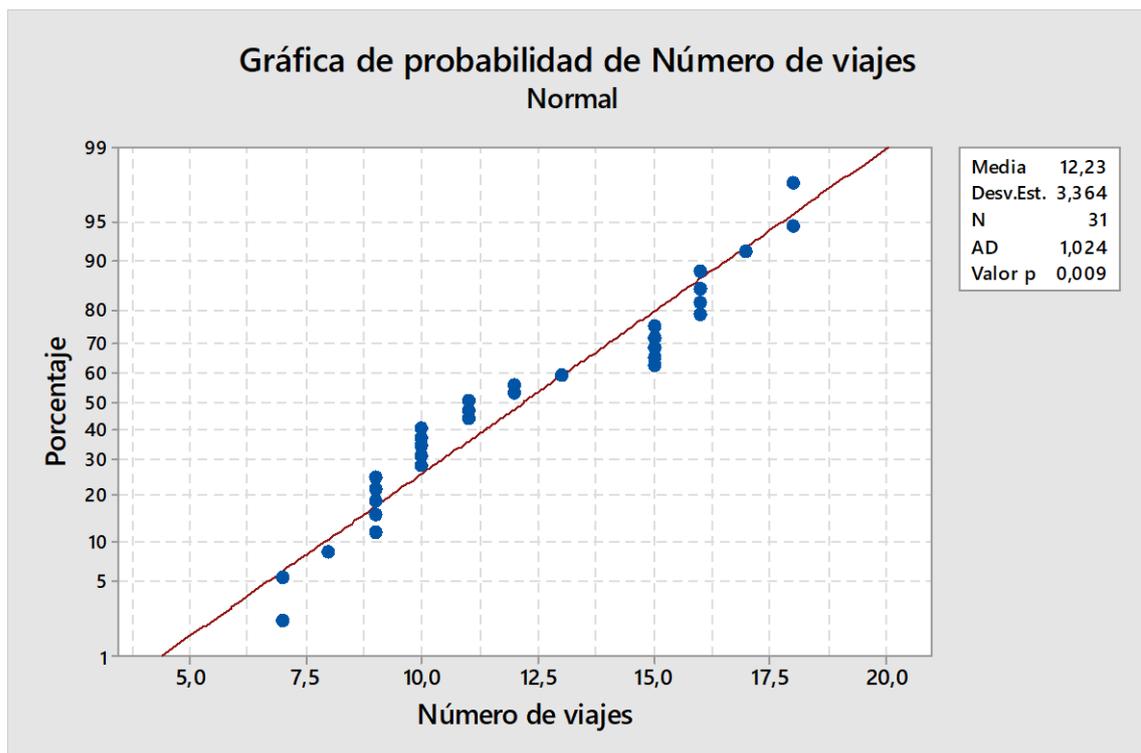
Debido a que tenemos un $p < 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

X₁: Utilización del camión por viaje



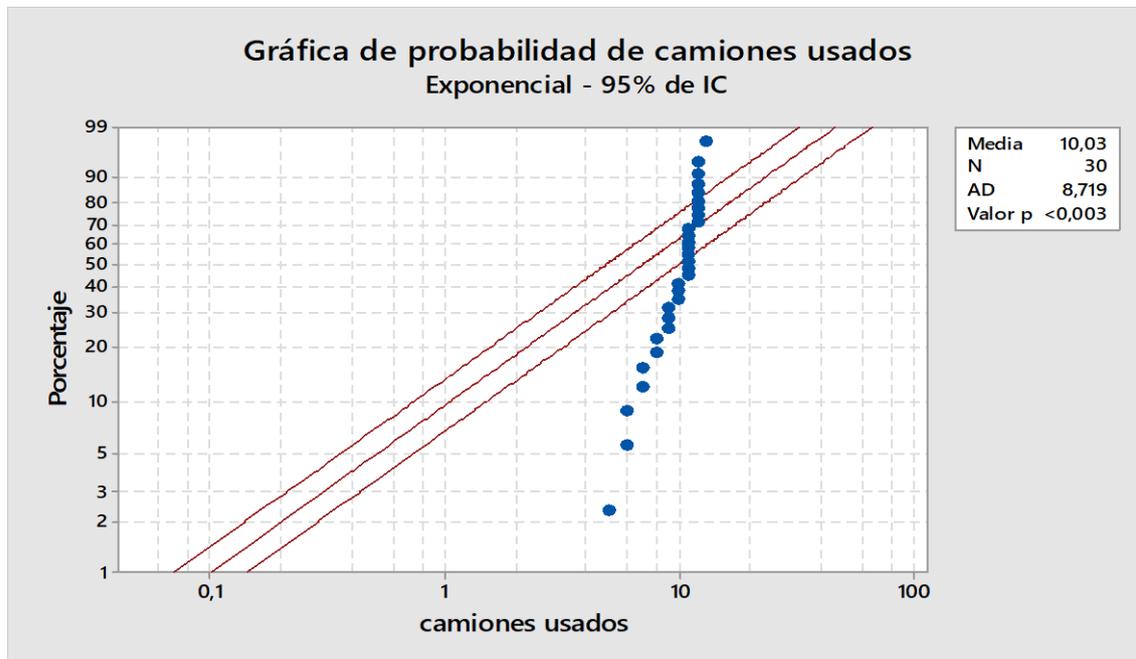
Debido a que tenemos un $p > 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos no siguen una distribución normal.

X₂: Número de viajes



Debido a que tenemos un $p < 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

X₃: Número de camiones usados



Debido a que tenemos un $p < 0.05$, podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

APÉNDICE D

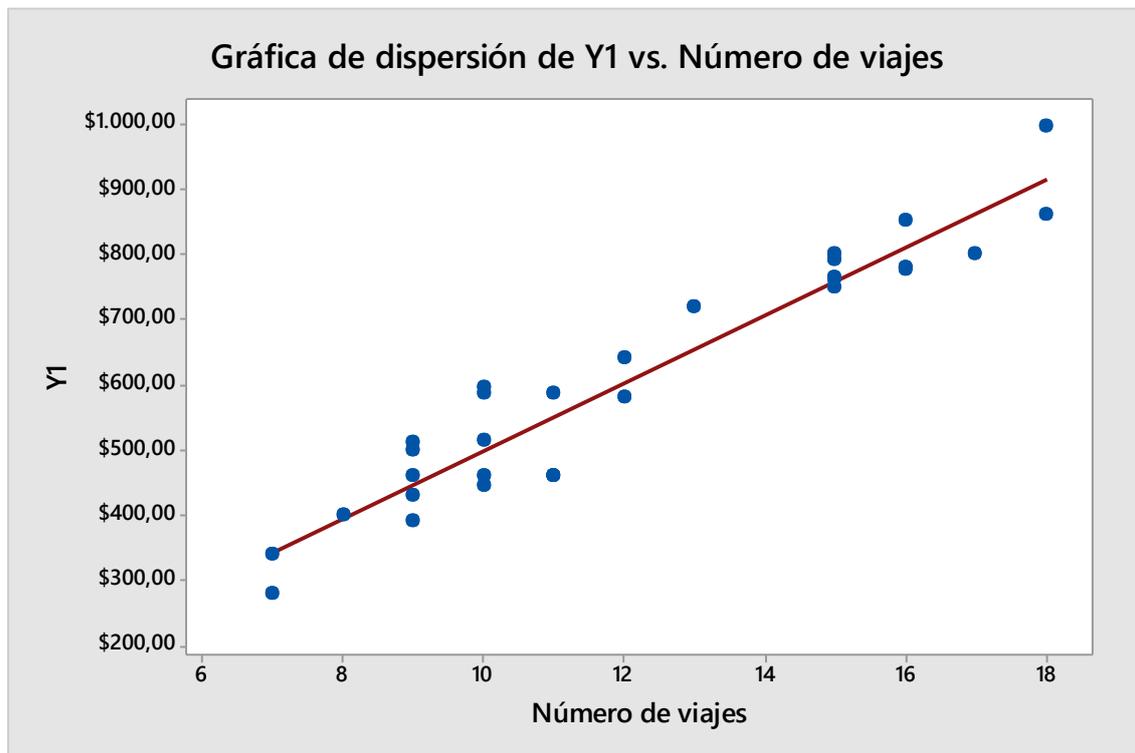
Análisis estadístico de los factores

Correlación: Y1; Número de viajes

Correlación de Pearson de Y1 y Número de viajes = 0,959

Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **los números de viajes tienen influencia** en el **costo de recolección**.

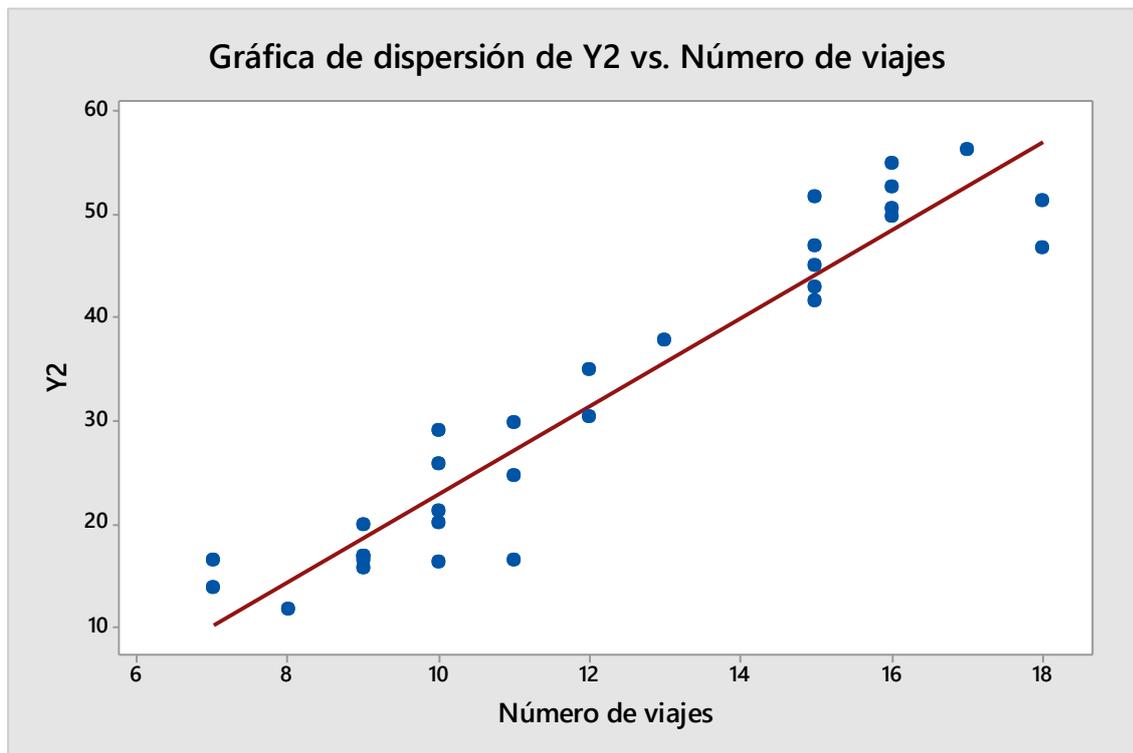


Correlación: Y2; Número de viajes

Correlación de Pearson de Y2 y Número de viajes = 0,953

Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **los números de viajes tienen influencia** en el **Toneladas de MP recolectada**.

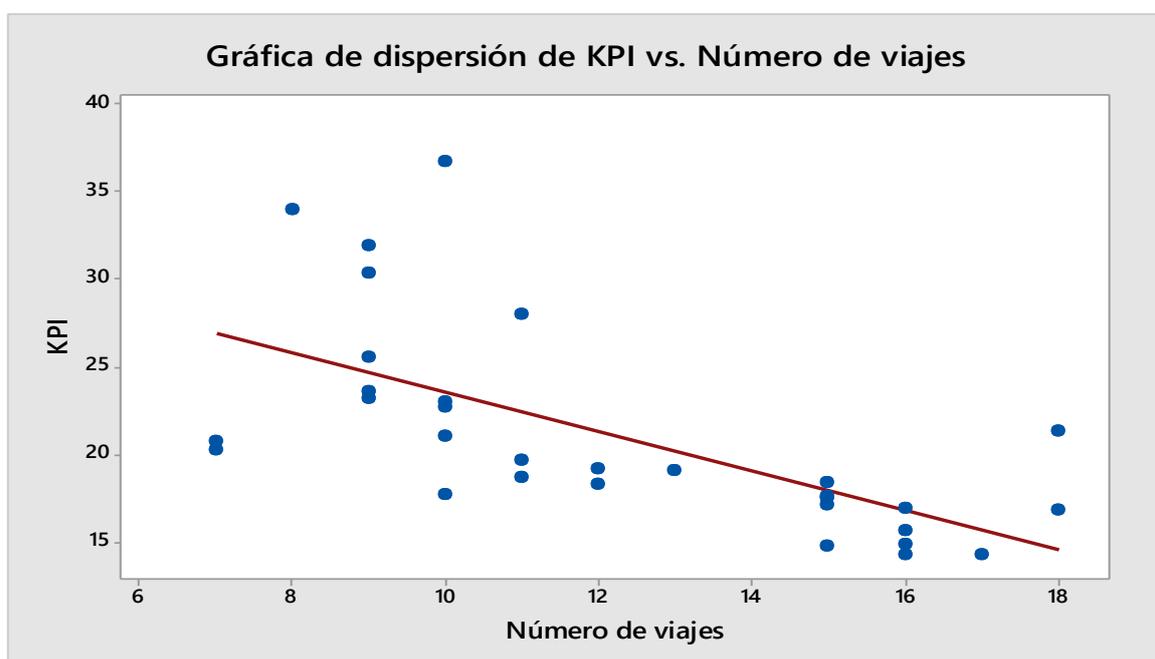


Correlación: KPI; Número de viajes

Correlación de Pearson de KPI y Número de viajes = -0,645

Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **el número de viajes tienen influencia** en el **costo por tonelada mensual**.

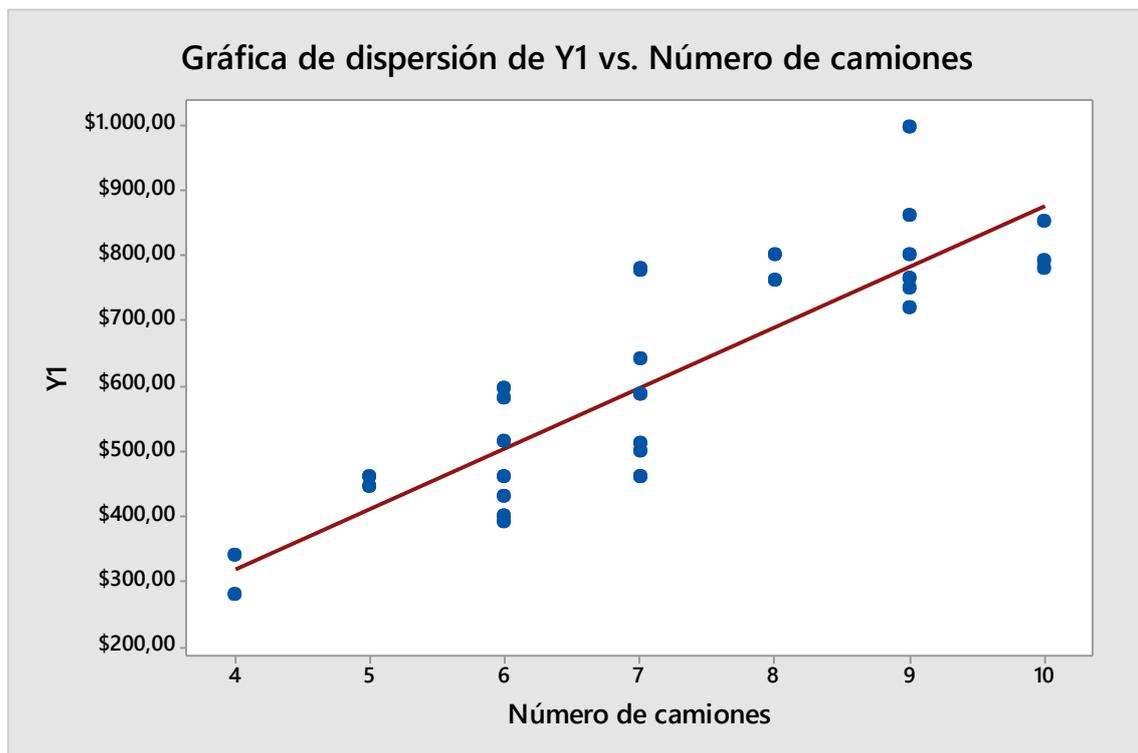


Correlación: Y1; Número de camiones

Correlación de Pearson de Y1 y Número de camiones = 0,857

Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **los camiones usados tienen influencia** en el **costo de recolección**.

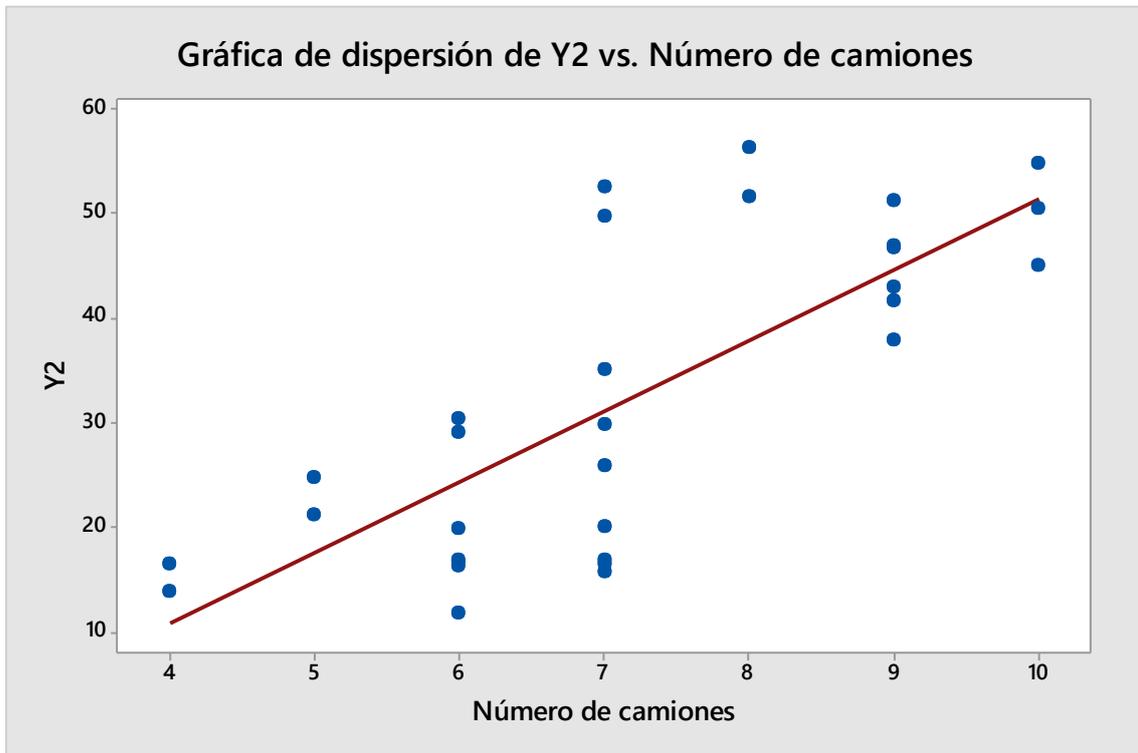


Correlación: Y2; Número de camiones

Correlación de Pearson de Y2 y Número de camiones = 0,761

Valor p = 0,000

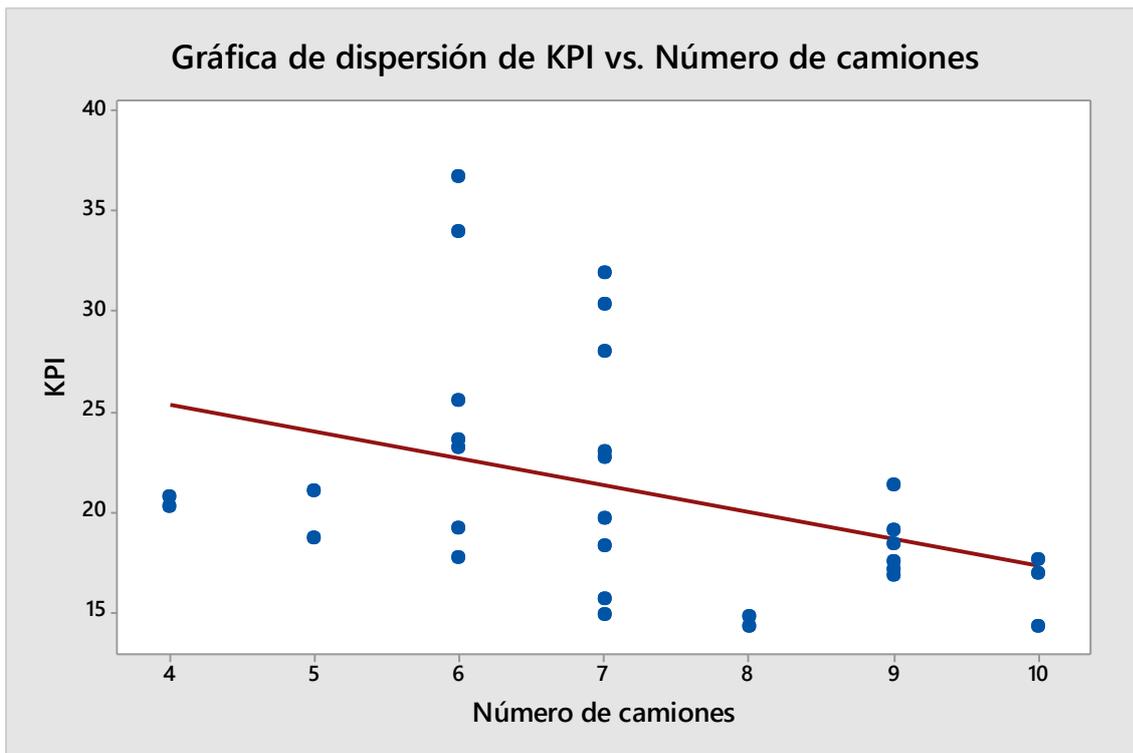
Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **los camiones usados tienen influencia** en las **toneladas de MP recolectadas**.



Correlación: KPI; Número de camiones

Correlación de Pearson de KPI y Número de camiones = -0,385

Valor p = 0,032

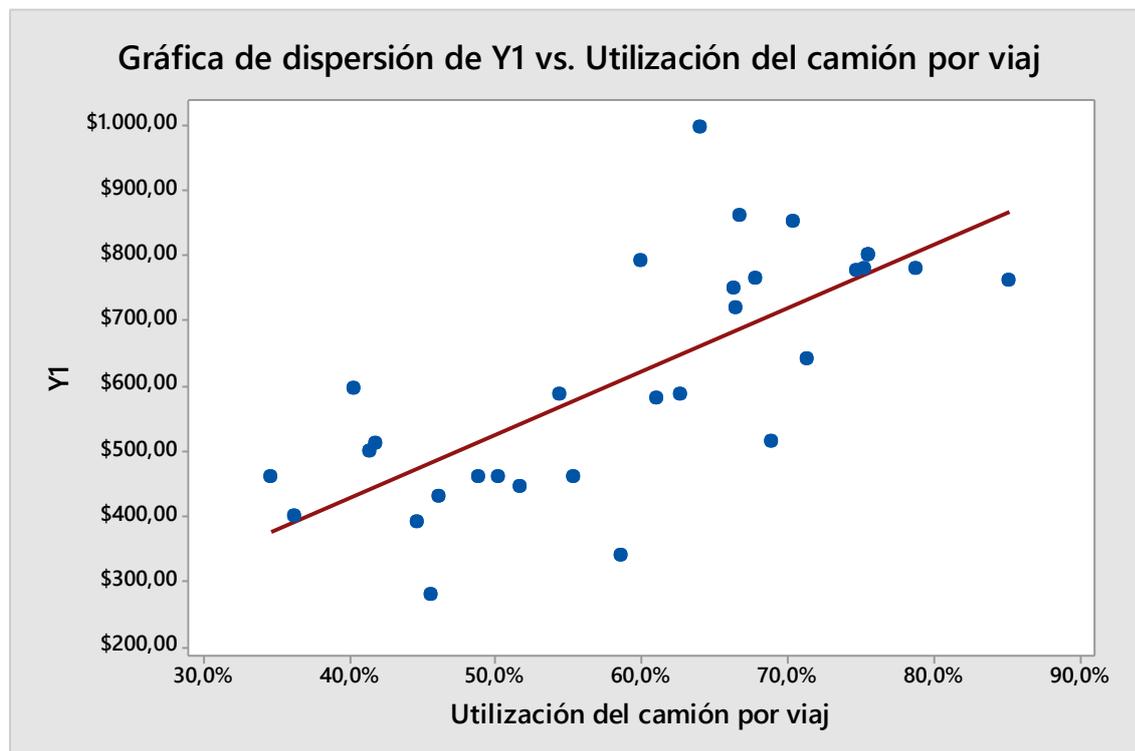


Rho de Spearman: Y1; Utilización del camión por viaje

Rho de Spearman para Y1 y Utilización del camión por viaje = 0,735

Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **el número de viajes tienen influencia en el costo de recolección.**

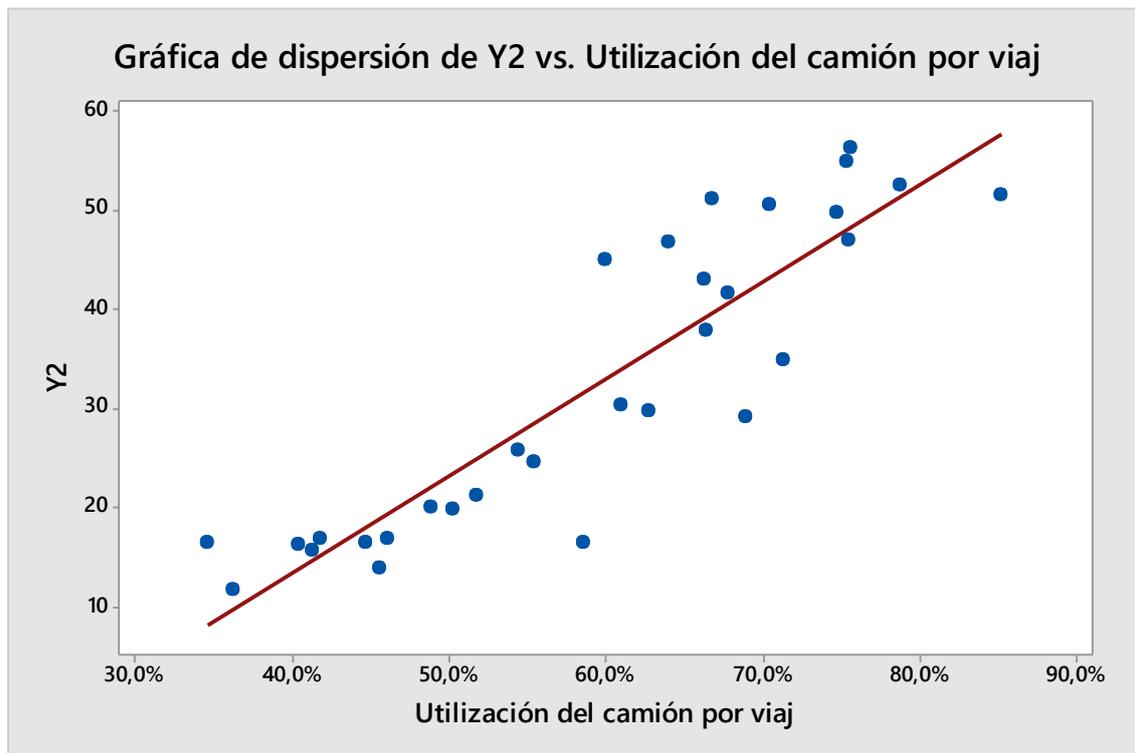


Rho de Spearman: Y2; Utilización del camión por viaje

Rho de Spearman para Y2 y Utilización del camión por viaje = 0,913

Valor p = 0,000

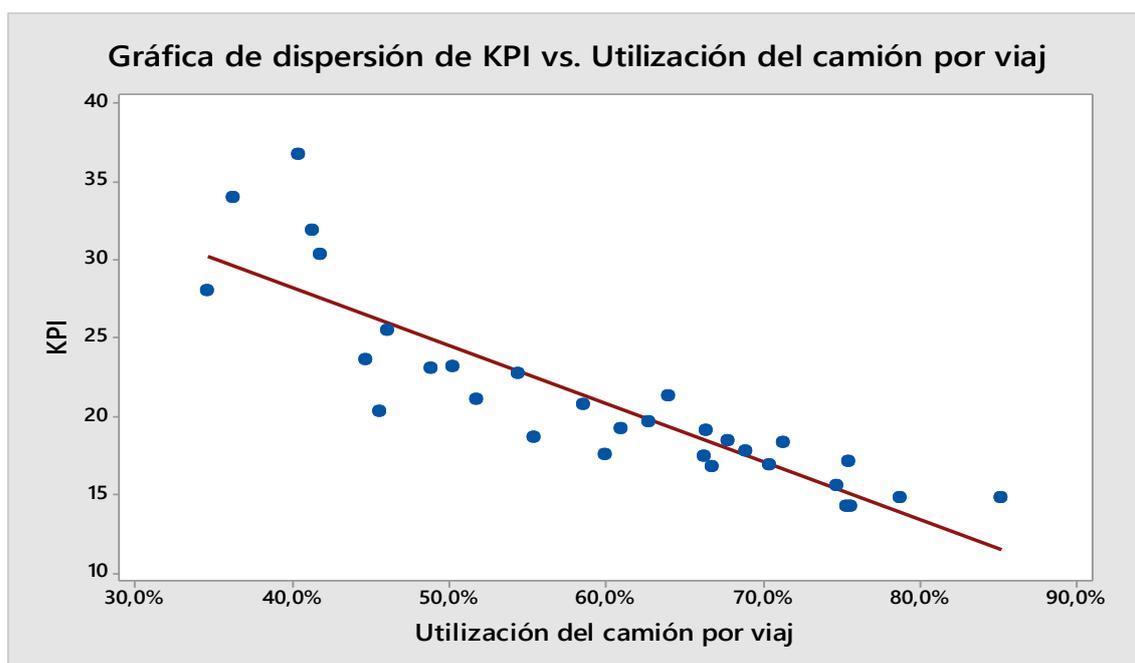
Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que **la utilización del camión por viaje tiene influencia en el Toneladas de MP recolectada.**



Rho de Spearman: KPI; Utilización del camión por viaje

Rho de Spearman para KPI y Utilización del camión por viaje = -0,931 Valor p = 0,000

Con el Valor $P < 0.05$, se rechaza H_0 , podemos concluir que existe suficiente información estadística para decir que Utilización del camión por viaje **tiene influencia** en el **costo por tonelada**.



APÉNDICE E

Simulación de la planificación de viajes en Excel

Fecha	Tiempo de cosecha	Tipo de MP	Proveedor	Ubicación	Hora entrada	Hora salida	Hora Entrada Planta	Peso (KG)	Camión	Capacidad nominal	Utilización	Viaje	Costo	Observaciones
05-may	QUIEBRA	A113	EXPALSA	Durán	0:18:00	1:20:00	1:35:00	3.992,74	12	4000	100%	1	70,00	
05-may	QUIEBRA	A113	EMPACRECI	Durán	2:20:00	3:18:00	3:20:00	3.176,04	12	4000	79%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A113	EXPALSA	Durán	7:45:00	8:07:00	8:22:00	1.497,28	12	4000	37%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A113	PRORIOSA	Durán	9:25:00	10:20:00	10:43:00	2.622,50	2	6000	44%	1	60,00	Agrupar
05-may	QUIEBRA	A113	OMARSA	Durán	10:25:00	11:08:00	11:35:00	2.858,44	2	6000	48%	0	-	
05-may	QUIEBRA	A113	SONGA	Jose fin	11:43:00	12:45:00	13:51:00	2.041,74	3	4000	51%	1	75,00	
05-may	QUIEBRA	A104	MARBELIZE	Manta			14:30:00	5.870,00	7	4500	130%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A104	INEPACA	Manta			15:36:00	1.528,00	6	4500	34%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A104	SEAFMAN	Manta			15:36:00	2.821,00	6	4500	63%	0	-	
05-may	QUIEBRA	A113	FRIGOPESCA	Daule	15:57:00	16:40:00	17:27:00	2.041,74	5	4000	51%	1	60,00	
05-may	QUIEBRA	A113	OMARSA	Durán	16:10:00	17:12:00	17:35:00	4.537,21	11	5500	82%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A113	PROEXPO	Vía a la costa	14:57:00	16:08:00	17:58:00	1.588,02	9	4000	40%	1	75,00	
05-may	QUIEBRA	A113	SONGA	Jose fin	15:42:00	16:26:00	18:08:00	1.633,39	8	4000	41%	1	75,00	
05-may	QUIEBRA	A113	PRORIOSA	Durán	16:20:00	16:52:00	18:20:00	1.361,16	14	10000	14%	1	60,00	
05-may	QUIEBRA	A113	CRIMASA	Durán	17:00:00	17:31:00	18:20:00	725,95	14	10000	7%	0	-	
05-may	QUIEBRA	A113	MARAMAR	Durán	17:38:00	17:43:00	18:20:00	54,45	14	10000	1%	0	-	
05-may	QUIEBRA	A113	OMARSA	Durán	17:16:00	17:52:00	18:33:00	907,44	2	6000	15%	1	-	
05-may	QUIEBRA	A113	TRANSCITY	Daule	17:41:00	18:16:00	20:31:00	1.043,56	7	4000	26%	1	40,00	Camiones Propios
05-may	QUIEBRA	A113	ZAMBRITIZA	Daule	18:28:00	19:40:00	20:31:00	3.155,17	7	4000	79%	0	-	Camiones Propios
05-may	QUIEBRA	A113	PROEXPO	Vía a la costa	17:50:00	19:35:00	22:32:00	1.361,16	6	4000	34%	1	40,00	Camiones Propios

Planificación actual de viajes

FECHA	MP	HORA	PROVEEDOR	PESO (KG)	CAMION	TOTAL TRANS	UBICACIÓN
05-may	A113	1:35:00	EXPALSA	3.992,74	12	70,00	DURAN
05-may	A113	3:20:00	EMPACRECI	3.176,04	12	-	DURAN
05-may	A113	8:22:00	EXPALSA	1.497,28	12	-	DURAN
05-may	A113	10:43:00	PRORIOSA	2.622,50	11	60,00	DURAN
05-may	A113	11:35:00	OMARSA	2.858,44	2	60,00	DURAN
05-may	A113	13:51:00	SONGA	2.041,74	3	75,00	JOSE FIN
05-may	A104	14:30:00	MARBELIZE	5.870,00	7	-	MANTA
05-may	A104	15:36:00	INEPACA	1.528,00	6	-	MANTA
05-may	A104	15:36:00	SEAFMAN	2.821,00	6	-	MANTA
05-may	A113	17:27:00	FRIGOPESCA	2.041,74	5	60,00	VIA DAULE
05-may	A113	17:35:00	OMARSA	4.537,21	11	-	DURAN
05-may	A113	17:58:00	PROEXPO	1.588,02	9	75,00	VIA LA COSTA
05-may	A113	18:00:00	SONGA	1.633,39	8	75,00	JOSE FIN
05-may	A113	18:20:00	PRORIOSA	1.361,16	14	60,00	DURAN
05-may	A113	18:20:00	CRIMASA	725,95	14	-	DURAN
05-may	A113	18:20:00	MARAMAR	54,45	14	-	DURAN
05-may	A113	18:33:00	OMARSA	907,44	2	-	DURAN
05-may	A113	20:31:00	TRANSCITY	1.043,56	13	60,00	VIA DAULE
05-may	A113	20:31:00	ZAMBRITIZA	3.155,17	13	-	VIA DAULE
05-may	A113	22:32:00	PROEXPO	1.361,16	3	75,00	VIA LA COSTA