



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES
PARA REDUCIR LOS COTOS DE TRANSPORTE DE LA EMPRESA AGRÍCOLA
PALMAS DEL ESPINO S.A, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Flores Coronado, Jean Carlos

Asesor:

Mg. Javes Valladares, Santiago

Mg. Ulloa Bocanegra, Segundo Gerardo

Línea de Investigación:

Gestión Empresarial y Productiva

Trujillo - 2018

PAGINA DE JURADO

El jurado encargado de calificar y evaluar la tesis presentada por don (a) **Jean Carlos Flores Coronado**, la cual se titula: **“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES PARA REDUCIR LOS COSTOS DE TRANSPORTE DE LA EMPRESA AGRÍCOLA PALMAS DEL ESPINO S.A, 2018”**

Trujillo, 2018.

PRESIDENTE

Dr. Ruiz Gómez, Andrés Alberto

SECRETARIO

Mg. Ulloa Bocanegra, Segundo Gerardo

VOCAL

Mg. Javez Valladares, Santos Santiago

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar mi trabajo a Dios.

A MIS PADADRES: Carlos y Rosa.

Mi profundo amor y gratitud, por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ayudado a salir adelante en los momentos más difícil.

A MIS HERMANOS:

Por haber sido todo este tiempo compañeros inseparables de aliento y superación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo por formarme integralmente a lo largo del desarrollo académico de mi carrera, a los docentes que con su experiencia contribuyeron al fortalecimiento de mis competencias como ingeniero y de manera muy especial a mis asesores los ingenieros Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra y Santos Santiago Jávez Valladares. A la misma vez demuestro mi particular deferencia con la empresa Palmas del Espino S.A quien me brindó la oportunidad de desarrollar mi investigación y dentro de ella especialmente al ingeniero Manuel Plinio Zavaleta Pisfil.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Flores Coronado, Jean Carlos** con DNI N° **71238737**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 2018

Flores Coronado, Jean Carlos.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, expongo ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de herramientas de Investigación de Operaciones para reducir los costos de Transporte de la empresa agrícola Palmas del Espino S.A, 2018”, la cual considera siete capítulos:

Capítulo I: Introducción, en la cual se detalla los principios teóricos y empíricos que apoyen a determinar una medida a la problemática planteada, indicando la justificación del estudio, su problemática, hipótesis y objetivos que se buscan.

Capítulo II: Método, indica el método, diseño, variables, población y muestra, a la misma vez las técnicas e instrumentos empleados y el tratamiento de datos.

Capítulo III: Contiene los resultados de los objetivos, para lo cual como primera instancia se realizó un análisis situacional de la empresa en estudio, mapeo de puntos de RFF, determinación de los costos actuales del Transporte de RFF, desarrollo del modelo matemático de planificación de rutas, simular los resultados de los costos en diferentes panoramas de ocurrencia en Solver y por ultimo estimar el impacto de las herramientas implementadas sobre el costo de Transporte.

Capítulo IV al V: Contiene sucesivamente las discusiones, conclusiones de cada objetivo, en la cual se concluyó que la aplicación del modelo de enrutamiento heurístico disminuyo en **4.2%** el costo de Transporte de RFF.

Capítulo VI: Contempla las recomendaciones pertinentes conforme al estudio; y por último.

Capitulo VII: Presenta el resumen de las fuentes bibliográficas usadas en base a la norma ISO 690.

Esta investigación ha sido elaborada en cumplimiento del Reglamento de Grado y Títulos Profesional de Ingeniero Industrial. Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	6
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE FIGURAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2. TRABAJOS PREVIOS	16
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	18
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
1.5. JUSTIFICACIÓN	26
1.6. HIPÓTESIS	26
1.7. OBJETIVOS	27
1.7.1. OBJETIVO GENERAL:	27
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	27
II. MARCO METODOLÓGICO	27
2.1. TIPO DE ESTUDIO	27
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	27
2.3. VARIABLES	28
2.3.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	28
2.3.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	28
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	29
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	30
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	31

2.7.	ASPECTOS ÉTICOS	32
III.	RESULTADOS	32
3.1.	EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	32
3.1.1.	Generalidades	32
3.1.2.	Análisis de la baja calidad de servicio del Transporte de RFF	33
3.2.	Mapeo de puntos críticos de recojo de RFF.....	33
3.2.1.	Descripción del proceso actual de la Programación y Recojo de RFF: 33	
3.2.2.	Ubicación geográfica de los puntos críticos de recojo de RFF:	34
3.3.	Costos actuales del recojo de RFF	34
3.4.	Desarrollo del modelo matemático de planificación de rutas	35
3.5.	Simulación de equipos según su costo en SOLVER; Error! Marcador no definido.	
3.6.	Impacto del modelo matemático de planificación de rutas en los costos de recojo de RFF	41
3.6.1.	Análisis técnico	41
3.6.2.	Análisis inferencial	42
IV.	DISCUSIÓN.....	45
V.	CONCLUSIONES	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
	ANEXOS	54
A.	Anexo Tablas.....	55
B.	Anexo Figuras.....	59
C.	Otros Anexos	63
D.	Anexo Imágenes Empresa.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	28
Tabla 2: Capacidad, horas trabajadas del mes, costo del mes y tarifa (S/. x Hora) de los volvos de la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	35
Tabla 3: Calculo del costo Hora-Hombre del personal que participan en esta operación de la empresa Palmas del Espino S.A, marzo 2018.....	35
Tabla 4: Costo de mantenimiento de las unidades de la empresa Palmas del Espino S.A, 2017.....	35
Tabla 5: Datos de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	37
Tabla 6: Formulas de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	37
Tabla 7: Cuadro resumen de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.	38
Tabla 8: Políticas para considerar los costos respectivos del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	38
Tabla 9: Programación en Solver de los costos respectivos del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	39
Tabla 10: Costos respectivos del transporte según políticas en consideración de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	39
Tabla 11: Costos reducidos según políticas en consideración de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	40
Tabla 12: Diferencia de muestras pareadas entre el costo actual y el costo modelado por el cliente de transporte de RFF de la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.....	42
Tabla 13: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la diferencia de los costos de distribución Pre modelo y Post modelo en la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.	43
Tabla 14: Prueba estadística wilcoxon para contrastación de hipótesis.....	44
Tabla 15: Sistema de valoración Westinhouse.....	55
Tabla 16: Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos básicos.....	56

Tabla 17: Distancias en puntos de recojo de RFF (km).	57
Tabla 18: Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos básicos.	58

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Principales causas que son determinantes en la baja calidad en el servicio de recojo de RFF en Palmas del Espino S.A, 2018.	33
Figura 2: Mapeo y zonificación de puntos de recojo de RFF en el año 2018.	34
Figura 3: Programación de los costos de transporte en SOLVER en el año 2018.	41
Figura 4: Mapa de la Plantación Palmas del Espino S.A.	59
Figura 5: Diagrama de Ishikawa de las principales fluctuaciones del proceso	60
Figura 6: Tabla de frecuencias de las causas de la disminución de servicio en el recojo de RFF.....	60
Figura 7: Pareto de las causas de la disminución de servicio en el recojo de RFF.	61
Figura 8: Diagrama de flujo de la programación de recojo de RFF.	61
Figura 9: Diagrama operaciones del transporte de RFF.	62

RESUMEN

La presente investigación titulada “**Aplicación de herramientas de investigación de operaciones para reducir los costos de transporte de la empresa agrícola palmas del espino S.A, 2018**”, enmarcado en las teorías de investigación de operaciones y cadena de suministro; para lo cual empleó el método deductivo, con una investigación de tipo Pre-Experimental, aplicándolo a una población o muestra de 32 puntos de recojo de RFF.

Para lo cual se empleó herramientas de calidad para analizar las principales fluctuaciones que se encontraban en el área de transporte de RFF, también se aplicó un modelo heurístico usando una hoja de cálculo de Excel y se modeló los costos de las unidades mediante Solver. Obteniendo como principales resultados la reducción del costo de Transporte de RFF en un **4.2%**. Se realizó la prueba de hipótesis planteada que corrobora los resultados, con la aplicación de la prueba de Wilcoxon con un resultado de $p = 0.003$. Lo que me permite concluir que se acepta la implementación del modelo heurístico reduce los costos de transporte.

Palabras claves: Investigación de operaciones, costo de transporte, reducción y modelo heurístico.

ABSTRACT

The present investigation entitled "Application of tools of investigation of operations to reduce the preserves of transport of the agricultural company palms of the espino S.A, 2018", framed in the theories of investigation of operations and chain of supply; for which he used the deductive method, with a Pre-Experimental type research, applying it to a population or sample of 32 RFF collection points.

For which quality tools were used to analyze the main fluctuations that were found in the RFF transport area, a heuristic model was applied using an Excel spreadsheet and the unit costs were modeled using Solver. Obtaining as main results the reduction of the cost of RFF Transportation by 4.2%. The hypothesis test was carried out that corroborates the results, with the application of the Wilcoxon test with a result of $p = 0.003$. What allows me to conclude that the implementation of the heuristic model is accepted reduces transportation costs.

Keywords: Operations research, transportation cost, reduction and heuristic model.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Hoy en día, a nivel global la exigencia de aplicar los conocimientos principales y detallados sobre Investigación de Operaciones en las empresas agrícolas nace con el incremento monetario, el tema de la globalización y la existencia constante en obtener servicios y productos de mejor calidad, esta necesidad ha creado una exigencia en tener un apoyo que te permita medir cuantitativamente y avale las decisiones a tomar, y así se puedan lograr planes propuestos, optimizando los recursos. Estas herramientas y técnicas de la Investigación de Operaciones, permite desarrollar planes adecuados que conlleven a responder de la mejor manera posible, cuando se presentan grandes dificultades dentro de una organización. (OperacionesII, 2011)

En el Perú, las organizaciones se encuentran compitiendo en un ambiente muy complejo. Estas empresas se enfrentan al flagelo económico, por causa de las extensas distancias a los terminales y el carente conocimiento sobre herramientas de investigación de operaciones, que avalen las decisiones a tomar y a la misma vez optimice los costos de transporte, lo cual termina afectando en la rentabilidad y competitividad de esta. (Agrositio, 2017)

La investigación de operaciones brinda herramientas que permiten analizar y cuantificar los problemas, y así puedan avalar las decisiones a tomar y a la misma vez optimización los costos y/o recursos.

Por otro lado, un estudio indica que uno de los grandes inconvenientes en el transporte terrestre nacional es la incapacidad de cumplir los plazos programados debido a diferentes tipos de fluctuaciones en la ruta. Respecto a las causas de los retrasos, la mayor relevancia se observa en la mala calidad de las vías, que de acuerdo con los transportistas encuestados, ocasiona el 26% de demora. Ciertamente un obstáculo para mejorar la formalidad del sector de transportistas, es el costo y la dificultad para adquirir los documentos que le permitan operar formalmente. (Análisis Integral de la Logística en el Perú, 2016) Asimismo, los movimientos de carga y descarga son ejecutados por operarios poco capacitados y por mucho tiempo se han tenido pérdidas de la mercancía. Hay que tener en cuenta que casi siempre los operadores, solamente se limitan

a conducir y no les interesa o desconocen el tipo de mercancía que lleva a su resguardo. (Maria, y otros, 2009)

Palmas del Espino S.A fue establecida en el año 1979 en la ciudad de Juanjuí. Unos años después, en 1982 una vez culminado las investigaciones necesarias, asesorada por expertos de nacionalidad francesa se comenzó el cultivo en un área de 600 hectáreas, generando el nacimiento de una empresa gobernadora en su rubro, productora de riqueza y crecimiento en el departamento de San Martín. Hoy en día funciona en el departamento de San Martín, provincia de Tocache y distrito de Uchiza. La cual se destina a la siembra y cultivo de palmas en un área de 12.300 hectáreas. En el área de transporte se observó que no cuentan con modelos y/o herramientas matemáticas que puedan avalar las decisiones tomadas y la optimización de recursos en el recojo de RFF. Toda esta realidad, afecta a la empresa Palmas del Espino donde se observa que existe un gran desconocimiento de cómo enfrentarse a las fluctuaciones que existen en todo el proceso y afectan directamente a los costos de transporte, por otro lado también se observó que no cuentan con herramientas que les sirvan para ayudar a la toma de decisiones y puedan ayudar a optimizar los costos de transporte. De continuar esta situación, los costos de la empresa se incrementaran, generando que ésta desaparezca del mercado en un futuro cercano. Por todo esto el presente estudio es oportuno, pues pretende ayudar a la empresa Palmas del Espino S.A, a tener un amplio conocimiento acerca de las diferentes herramientas tácticas que se pueden emplear dentro de la empresa y así poder reducir los costos de transporte, ya que la implementación de dichas herramientas permitirá avalar las decisiones tomadas para así mejorar la competitividad de la organización en el mercado nacional e internacional actual.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

En razón a las variables de este estudio se encontró los siguientes antecedentes que le hacen referencia como:

La investigación de Paredes, que tiene como título “Estudio comparativo de la aplicación de heurísticas al problema de ruteo de vehículos” con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2011 en la ciudad de Lima – Perú; en la cual se buscó hallar el modelo heurístico más óptimo al problema de ruteo de vehículos, para lo cual se comenzó a realizar un mapeo de los 42 puntos de venta para la resolución del VRP (Vehicle Routing Problem) iniciando por las distancias recorridas del transporte hacia cada uno de los puntos establecidos de la red y se calculó la eficiencia de los indicadores de distancia recorrida, coeficiente de cumplimiento, factor de uso y frecuencia de entrega; para que después se resuelva el problema en LINDO System con propuestas de Modelos matemáticos – Cercanía de puntos, Modelo matemático – Método del barrido, Cercanía de puntos – Método del Ahorro, Método del barrido – Método del Ahorro, Gran ruta – Método del Ahorro y Modelo computacional. En base a los resultados obtenidos de cada modelo se llega a tomar la decisión, es el Modelo matemático – Cercanía de puntos debido a que recorre la menor distancia no sólo ideal sino también real que fue 0.25% menor que el modelo matemático con método del barrido, 3.36% menor que el método cercanía de puntos con método del ahorro, 6.11% menor que el método del barrido con método del ahorro, 7.97% menor que el método gran ruta con método del ahorro y 14.15% menor que el método computacional. Utilizando el factor de linealidad que según el análisis fue de 1.383 con una desviación estándar de 0.130. (Josymar, 2011)

Por otro lado, la investigación de Carbonel, titulada “Modelo Matemático de Planificación de rutas para minimizar los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015”, el estudio se realizó a los 275 principales clientes de la empresa, de los cuáles se escogió por muestreo de poblaciones finitas a 161 clientes, posteriormente realizándose un estudio pre test y pos test, a quienes se aplicó un cuestionario que mide la satisfacción de la calidad del servicio de reparto, luego se procedió mapear a los 45 clientes insatisfechos en

Google MAPS y medir las distancias entre nodos obteniendo la zonificación de 5 clusters por cercanía de puntos, seguido se calculó los costos operativos por hora de mano de obra, mantenimiento y combustible y se desarrolló el modelo matemático de algoritmo de pétalos en LINGO System siendo la función objetivo minimizar los costos del reparto de carga y las restricciones de demanda, capacidad, tiempo total, hora de salida y kilometraje del vehículo. Estos costos de reparto fueron validados con la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, dando un valor ($p=0.503$) mayor que 0.05; luego se realizó la prueba estadística t-student, dando un valor ($p=0.017$) menor que 0.05. Los resultados obtenidos permitieron determinar que el modelo matemático de planificación de rutas si minimiza las costos del reparto de carga en 43.7% y un 49.9% de distancia recorrida. (Jesús, 2015)

De la misma manera en la tesis de Pérez Jimena Cecilia y Silva Pimentel Consuelo, titulada “Optimización del transporte de materia prima de una empresa esparraguera” con motivo de optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2000 en la ciudad de Trujillo – Perú, en la cual se determinó un método óptimo de transporte de materia prima que minimice los costos de combustible y los costos de merma de la empresa esparraguera SAVSA mediante la aplicación de un modelo de programación lineal se determinaron las cantidades diarias de materia prima ofertadas por cada proveedor durante el periodo de un mes, los costos de transporte en los que se incurrió y los recursos empleados, para la formulación y solución del modelo propuesto se empleó LINGO Systems: el cual reporta la solución del modelo mostrando el valor de cada una de las variables utilizadas, la ruta que debe realizar cada uno de los vehículos asignados para el acopio de materia prima, la cantidad de M.P. que debe recoger en cada uno de los proveedores que visitarán, la hora de salida de cada vehículo, la cantidad de jabas que llevarán en cada uno de sus viajes, el costo de combustible y el costo de merma que se generará en cada uno de sus recorridos. Para determinar la variación que existe entre los valores del modelo propuesto y la empresa se empleó la prueba de hipótesis de diferencias pareadas para el costo de combustible y el costo de mermas. Finalmente se logró disminuir el costo del combustible un 24.9% y el

costo de merma un 7.8% con el modelo propuesto el costo total promedio diario de transporte de materia prima disminuye 21.2% y el mensual 21.17%. (PÉREZ, y otros, 2000)

También Palacios en su tesis denominada “Aplicación de un modelo matemático de rutas para optimizar la distribución de mercadería en la empresa LOGISTIC MULTISERVICE COMPANY C&B S.A.C”, en la cual como primera medida realizo una encuesta para determinar las zonas más descontentas con el servicio, una vez realizada la tabulación refleja el puntaje más bajo en el ítem 6. Después con el apoyo de GoogleMaps se mapeo los distintos puntos de reparto y se logró hallar los tiempos que se demoran en llegar de un nodo a otro. El tiempo de recorrido obtenido mediante la programación lineal en SOLVER es de: 31, 56 y 39 minutos generando un total de 126 minutos, después este tiempo se ajustó a la realidad cuando se acompañó al reparto y se tomaron los tiempos obteniendo un total de 432 minutos con la ruta actual y 410 con la ruta basada en el reporte de SOLVER, adicionalmente se calcularon los costos de s/167.71 antes y de s/156.40 dando una reducción en 6,74%. Para analizar el impacto de las nuevas rutas se realizó nuevamente la encuesta obteniendo una disminución en los reclamos en 5 de 38, esto logra concluir que el estudio realizado ha permitido ayudar a la empresa y mejorar su imagen ante sus clientes. (PALACIOS, 2016)

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Se definirá a continuación los conceptos fundamentales de las Herramientas de Investigación de Operaciones en aplicación para el análisis de la siguiente investigación.

Para **establecer científica, humanística y tecnológicamente** se tiene que definir los primordiales conocimientos e hipótesis sobre los puntos en esta tesis, por lo cual, comenzara definiendo el segundo punto en estudio que se encuentra dentro de la **cadena de suministro**, que es un grupo de tareas la cual integra los procesos de proveer, fabricar y distribuir; por lo cual maneja de manera integral tanto procesos estratégicos como soporte de la empresa amarradas con las tareas de los abastecedores y compradores. (Rodolfo Torres Rabello, 2014)

Las **herramientas de calidad** identifican problemas, los analiza y busca soluciones a estos, pertenece a distintas metodologías que se utilizan en el proceso de mejora continua por las grandes compañías, en gran parte las empresas japonesas. Se facilita lograr los resultados deseados cuando se usan las herramientas adecuadas para el fin requerido. Según Kaoru Ishikawa, usando un conjunto de simples herramientas se logra dar solución al 80% de las fluctuaciones de una empresa (1986). Este propuso siete herramientas: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa o causa – efecto, histograma, hoja de inspección, gráficos de control, diagrama de dispersión y estratificación. (Pozo, 2014)

La técnica **Lluvia de Ideas o Torbellino de Ideas** es una metodología mediante la cual se encuentra e identifica posibles soluciones y oportunidades con gran potencial para el mejoramiento de la calidad. El diagrama de **Causa – Efecto** es una metodología grafica que sirve para analizar posibles causas que provocan cierto efecto. El diagrama de **Pareto** es una técnica grafica mediante la cual se determina elementos desde el más frecuente hasta el menos frecuente los cuales lo agrupa de acuerdo a los más vitales que representan el 80% de las frecuencias y el de menos vitales que representan el 20% restante (Técnicas, 2009).

La **distribución** son gestiones que se realizan para trasladar y almacenar una carga desde la logística de entrada hasta la logística de salida en la cadena de suministro, la cual sucede de una etapa a otra. También se define como una directriz principal en la rentabilidad global de la empresa, ya que influye de forma principal en el coste de la cadena y en la satisfacción del cliente. Una adecuada red de distribución se utiliza para conseguir objetivos que se encuentran dentro de la cadena de suministro los cuales empiezan principalmente por un coste pequeño y finalizando por la rápida facultad de responder. Como efecto, las empresas del mismo sector industrial con frecuencia seleccionan redes muy diferentes. (Meindl, 2008)

La **administración de la transportación** puede tomarse como el adherente que permite funcionar la cadena de suministro. Los aspectos más relevantes de esta última consisten en entregar la carga correcta, en el momento exacto, con la cantidad adecuada y con la calidad correcta, al costo y destino pertinentes. El

transporte es importante para que estas cosas “correctas” pasen. (COYLE, y otros, 2014)

La **gestión del transporte** tiene 2 funciones principales, estas son: selección del modo de transporte que se empleara y la sistematización en los desplazamientos que se utilizaran, para el suceso en estudio, la forma de envío será el de vía terrestre que tienes como componentes los volvos, establecimientos y las cargas ah distribuir, todos estos con centros de costos bien establecidos. En general el bulto contiene una sucesión bienes que se trasladan en proporciones cortas, la cual es formada por mercancías propias. El **coste de distribuir** se forman por las unidades las cuales inciden en el coste de operación (normalmente la unidad sale repleto para repartir en cambio para su regreso se viene sin carga alguna para compensarse por cada envío), en los costos por espera que se generan por la carga y descarga. Los establecimientos fijos que toman el coste de la zona designada a almacenar y los costos que se generan en la carga y descarga que se da iniciando y finalizando. Los bultos prorrateados poseen un costo relacionado al almacenamiento estático y el otro al almacenamiento en movimiento. Los costes existentes de los operadores indica el coste unitario de transportar en soles/kilogramo y este se reduce con la dimensión del envío la cual es proporcional al trayecto recorrida. El coste de almacenar se divide en 3 principales componentes: el coste de la carga almacenada, los precios de mantenimiento de almacenar y por último el periodo permanecido en almacén; por último se suma los costos administrativos y costos financieros (FRANCESC, 2005). El **Objeto de transporte** es una acción orientada al tránsito de la carga desde un nodo de partida hasta un nodo de llegada. En el cual se implican aspectos como: tiempo del transporte de la carga, en el cual comprende a partir de la mercadería disponible para cargar, tiempos que se generan por espera, carga/descarga de la unidad, detención en el trayecto, tiempos muertos terminando por que la carga este totalmente aligerada en el nodo de llegada establecido; relacionamiento del operador destinado, el cual es colaborador en relación a los planes estratégicos y tácticos que están inmersas en la organización con la finalidad de acomodar los recursos a las exigencias del personal. (BALLOU, 2004).

Las **finanzas en la cadena de suministro** se enfoca como una oportunidad en para mejorar su desempeño financiero. La empresa reconoce la importancia del desempeño de la cadena de suministro que tiene sobre la satisfacción del cliente y las ventas futuras. Incluso, la efectividad del proceso de la cadena determina el costo del cumplimiento de los pedidos del cliente y el de transportarlos a este, y ambos impactan en el costo de entrega total del producto. Un **objetivo financiero determinante** en toda empresa y/o organización es producir un buen rendimiento para los accionistas. Para esto se requiere la generación de bastantes utilidades en relación con el monto de sus inversiones para que puedan garantizar la confianza hacia ellos para que sigan administrándolas. (COYLE, y otros, 2014)

Para entender la otra variable es crucial encuadrarla dentro de la **Investigación de Operaciones**, la cual es un conjunto técnicas metódicas desarrolladas con la finalidad de avalar las decisiones a tomar, reconociendo los recursos óptimos (TAHA, 2012). A la misma vez la IO es el empleo del método científico apoyándose en el trabajo de los equipos multidisciplinarios, en la cual el programador y los clientes trabajan paralelamente hallando las posibles fluctuaciones que se encuentren en la inspección y gestión de técnicas ordenadas con la finalidad de proponer medios que permitan mejorar la finalidad en el proceso como si fuera un único, encuadrados en los sistemas de tomar decisiones (HILLER, y otros, 2010).

De diferente manera la IO, elabora **modelos IO** que se encuentran orientados a “optimizar” un juicio objetivo detallado amarrado a un grupo de restricciones, la eficacia de la solución consecuente tiene que ver con la precisión que el modelo interpreta el método existente. Si este es una contundente ilustración real del proceso existente, por ende la solución resultante es buena para el sistema existente.

Estos pilotos matemáticos se **clasifican** principalmente en modelo determinístico (MD) o Modelo Probabilísticos (ME). El MD se respalda con información que se adquieren con exactitud. El ME o probabilístico no se respalda con ninguna información anterior, de tal manera sumando la incertidumbre. Se lograría obtener frecuentemente conocimientos penetrantes y útiles dentro de los resultados óptimos empleando un modelo determinístico en

una circunstancia en la cual es mejor emplear un modelo estocástico. De igual manera, el modelo prescriptivo o de optimización determina la conducta la cual logra adquirir los objetivos de la empresa de la mejor manera. (WINSTON, 2005)

El **proceso de construcción de modelos** comienza por establecer la problemática, luego se establecerá las metas las cuales quieren lograr y el elemento en exposición fijar si se maximiza o minimiza la causa de la problemática. Al mirar el proceso, se recoge data para presumir el monto de las medidas que afligen a la problemática; estas presunciones se emplean con la finalidad de plantear el modelo matemático de la problemática y comprobar si el modelo es la imagen precisa del contexto, también tiene que tomar conciencia a nuevas fluctuaciones y los montos de la variable de decisión que no se tomaron en cuenta, por lo cual podría cambiarse el rendimiento del proceso y la formulación. (WINSTON, 2005).

Así mismo los modelos de rutas de transporte se basan en la práctica de la programación lineal en la cual se define la base matemática y la teoría de restricciones y determinar ruta más óptima mediante un análisis de sensibilidad. Por lo consiguiente la **programación lineal** planea los trabajos establecidos con recursos limitados entre trabajos competitivos para lograr un resultado óptimo. (WEATHERFORD, y otros, 2000).

El **método de asignación** es una metodología que se enmarca en la programación lineal específico en el que los asignados son recursos designados a la ejecución de trabajos; de esta manera es que el problema de asignación se logra expresar como un modelo de transporte donde los n números de orígenes (individuo, vehículo, etc.) trata de establecer los mismos n número de destinos (clientes, tareas, etc.) con la finalidad de establecer n asignaciones para optimizar la función objetivo la cual optimice los costos o el tiempo de traslado (HILLER, 2002).

En referencia al estudio establecido se clasificara los modelos de rutas en problemas de ruteo de vehículos (VRP) y las heurísticas tradicionales para el VRP.

Las fluctuaciones **de ruteo de vehículos** se refieren al grupo de compradores y establecimientos esparcidos territorialmente con una flota de vehículos, partiendo de un modelo matemático se establezca un grupo de rutas que te

minimicen los costos y que inicien y terminen en los establecimientos, con la finalidad que los vehículos asistan a los clientes. Los rasgos de los clientes, depósitos y vehículos, así como distintas restricciones operativas sobre las rutas, ocasionan distintos tipos de problemas. Los principales tipos de problemas de ruteo de vehículos son:

- El **problema del agente viajero (TSP)** se refiere a que un solo vehículo asista el grupo de ciudades con el costo del traslado (o distancia) entre cada uno de los posibles pares. El TSP se centra en hallar la manera más factible posible de asistir todas las ciudades y retornar al punto de inicio la cual minimizara el costo del traslado (o la distancia de viaje). (DAVAENDRA, 2010) La fórmula de Dantzig se expande sencillamente al caso asimétrico. (ANEXO C3)

-El **problema de los m agentes viajeros (m-TSP)** es una generalización del TSP en la cual se tiene un depósito y m vehículos. El objetivo es construir exactamente m rutas, una para cada vehículo, de modo que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Cada ruta debe comenzar y finalizar en el depósito y puede contener a lo sumo p clientes. (ANEXO C3)

- El **problema con capacidades (VRP o CVRP)** es una extensión del m-TSP en la cual cada cliente $i \in V \setminus \{0\}$ tiene asociada una demanda d_{ij} y cada vehículo tiene una capacidad C (la flota es homogénea). En este problema la cantidad de rutas no es fijada de antemano como en el TSP y en el m-TSP. Para un conjunto de clientes S, $d(S) = \sum_{i \in S} d_i$ es su demanda total y $r(S)$ indica la mínima cantidad de vehículos necesarios para servirlos a todos. En la formulación conocida con el nombre de flujo de vehículos de dos índices, se utilizan las variables binarias x_{ij} para determinar si el arco (i, j) se utiliza o no en la solución (The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms, 1991). (ANEXO C3)

- En el **problema con flota heterogénea (FSMVRP)** los costos y capacidades de los vehículos varían, existiendo un conjunto $T = \{1, \dots, |T|\}$ de tipos de vehículo. La capacidad de los vehículos $k \in T$ es q^k y su costo fijo (si lo tuvieran) es f^k . Los costos y tiempos de viaje para cada tipo de vehículo son c_{ij}^k y t_{ij}^k respectivamente. Se asume que los índices de los vehículos están ordenados en

forma creciente por capacidad (es decir, $q^{k_1} \leq q^{k_2}$ para $k_1, k_2 \in T, k_1 < k_2$). (GOLDEN, y otros, 1984) (ANEXO C3)

- El **problema con ventanas de tiempo (VRPTW)**, además de capacidades, cada cliente $i \in V \setminus \{0\}$ tiene asociada una ventana de tiempo $[e_i, l_i]$ que establece un horario de servicio permitido para que un vehículo arribe a él y un tiempo de servicio o demora s_i . Si (i, j) es un arco de la solución y t_i y t_j son las horas de arribo a los clientes i y j , las ventanas de tiempo implican que necesariamente debe cumplirse $t_i \leq l_i$ y $t_j \leq l_j$. Utilizando los nodos 0 y $n + 1$ para representar al depósito y el conjunto K para representar a los vehículos (no a los tipos de vehículos como en la sección anterior), el problema se formula para una flota de vehículos posiblemente heterogénea. (ANEXO C3) (BELFIORE, y otros, 2012). La **heurística de ruteo** son procesos sencillos los cuales ejecutan una investigación restringida del periodo de exploración y dar soluciones en un tiempo determinado aceptable. Estas son:

El **algoritmo de Clarke y Wright** o el **algoritmo de los ahorros**, consiste en conectar todos los clientes de dos en dos con el almacén y se calculan los ahorros obtenidos en el coste de transporte; se clasifican las alternativas de unión por ahorros decrecientes; se toma la alternativa de unión de máximo ahorro y que a la vez sea consistente con el número de vehículos y sus capacidades (FRANCESCO, 2005).

- El **algoritmo de pétalos** supone que se dispone de un conjunto de rutas R , de modo que cada ruta $r \in R$ es factible, pero cada cliente es visitado por varias de las rutas. El problema de seleccionar un subconjunto de R de costo mínimo que visite exactamente una vez a cada cliente puede formularse como un Set Partitioning Problem (SPP) (ANEXO C3)

- El siguiente es el **método rutear primero - asignar después**, también se procede en dos fases. Primero se calcula una ruta que visita a todos los clientes resolviendo un TSP. En general esta ruta no respeta las restricciones del problema y se divide en varias rutas, cada una de las cuales sí es factible. (BEASLEY, 1983) (ANEXO C3)

Es por ello que la **simulación** es el estudio de un sistema o sus partes mediante manipulación de su representación matemática o de su modelo físico; permite comparar distintos diseños y procesos que todavía no están en operación y

ensayar hipótesis sobre sistemas o procesos antes de llevarlos a la práctica, permite estudiar el efecto de la modificación de las variables y parámetros con resultados reproducibles. En el modelo matemático se puede introducir o retirar a voluntad un error, lo cual no es posible en la realidad, ya que constituye una importante ayuda material para el estudio de los sistemas de control y se puede ensayar la sensibilidad de los parámetros de costes y los parámetros básicos del sistema. (HIMMELBLAU, y otros, 1992) Las **aplicaciones de software de planificación y optimización de rutas de transporte** son efectivas para el mejoramiento de la utilización de los recursos de transporte, entre sus beneficios se encuentran la reducción del tiempo de trayecto de los viajes, del kilometraje en los vehículos, la disminución de costos y el mejoramiento en las entregas a los clientes, lo que a su vez se traduce en un mejor control y servicio al cliente. Todo esto se obtiene procesando rápidamente la información de ubicación de las bodegas donde se encuentren los productos a despachar, de los clientes a satisfacer, y las cantidades y los tipos de carga a ser transportados, acoplado todo esto a la flota disponible para optimizar el uso de los recursos (MORA, 2010).

Microsoft Excel es un programa definido como “de productividad” creado en 1984 por el señor Bill Gates para ser introducido a las computadoras portátiles de Macintosh en el mismo año. Este programa ha avanzado evolutivamente hasta nuestros días, de tal manera que hoy da los siguientes beneficios: posee capacidad de edición de la vista de los datos, utiliza hojas para división de datos tanto numéricos como otros formatos, posee la capacidad de sintetizar la información (mediante operaciones tales como suma, resta, división, promedio, uso de tablas dinámicas, etc.), permite programar una serie de instrucciones que ejecutan cambios en la información (Microsoft Visual Basic). (Valladares, 2009) Para dichas restricciones se emplea el **estudio de tiempos** que es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Anexo C 2.1, 2, 3) La **valoración del ritmo de trabajo** y los **suplementos de tiempo** que se deben prever para recuperarse de la fatiga y para otros fines

siguen siendo en gran parte cuestión de criterio. La calificación del operador debe hacerse única y exclusivamente en el curso de las observaciones de los tiempos elementales. (Anexo Tablas 15) El **suplemento por retrasos por fatiga** es la reducción de la habilidad para hacer un debido trabajo a lo previamente efectuado en porcentaje de los tiempos básicos posee factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable. (Anexo Tablas 16) (GARCÍA, 1999)

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida la implementación de herramientas de investigación de operaciones, influye en los costos de transporte de la empresa agrícola Palmas del Espino S.A, en el año 2018?

1.5. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica **teóricamente** porque permite poner a prueba la efectividad de las herramientas y sus procedimientos en un contexto específico como lo es el agrícola, en la cual se presentan diversos aspectos propios de este sector y que deben considerarse en el desarrollo del mismo; también es pertinente de manera **práctica** pues al implementar las herramientas de investigación de operaciones le permitirá a la empresa realizar una toma de decisiones más eficientes, mejorara la coordinación de sus actividades las cuales al final repercutirán en la disminución del costo de transporte. También **metodológicamente** por que se propone herramientas necesarias para poder medir las variables propuestas que puedan servir a futuras investigaciones, por último se justifica **económicamente** ya que con los resultados logrados de la investigación se obtendrá una disminución en los costos de transporte y lo cual aumentara la competitividad de la empresa.

1.6. HIPÓTESIS

La implementación de herramientas de investigación de operaciones reduce los costos de transporte de la empresa agrícola Palmas del Espino S.A, en el año 2018.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL:

Implementar las herramientas de investigación de operaciones para reducir los costos de transporte de la empresa agrícola Palmas del Espino S.A, en el año 2018.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la situación actual del reparto de RFF.
- Mapear los puntos de recojo de RFF.
- Determinar los costos actuales del recojo de RFF.
- Desarrollar el modelo matemático de planificación de rutas.
- Simular los resultados de los costos en distintos panoramas de ocurrencia, con SOLVER.
- Estimar el impacto de las herramientas implementadas sobre el costo de transporte, mediante el análisis técnico y analítico.

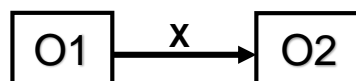
II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. TIPO DE ESTUDIO

Es un estudio Aplicado, por que utiliza las herramientas de Investigación de Operaciones para optimizar los costos de transporte y así solucionar la realidad problemática de la empresa en estudio, a su vez es **experimental** ya que manipula intencionalmente la Investigación de Operaciones a través de herramientas para evaluar sus efectos en los costos de Transporte y para terminar es **longitudinal** pues mide las observaciones en dos tiempos en el antes y después de la implementación.

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de diseño es pre-experimental, debido a que aplicara un estímulo a un determinado grupo y después aplicara una medición para observar su efecto en la VD.



G: Grupo o Muestras (Puntos de recojo de RFF en Palmas del Espino S.A)

O1: Observación pre-prueba (Costos de Transporte)

O2: Observación post-prueba (Costo de Transporte)

X: Estimulo (Herramientas de Investigación de Operaciones)

2.3. VARIABLES

2.3.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Herramientas de Investigación de Operaciones (Cuantitativa):

Herramientas cuantitativas para la toma de decisiones que resuelven los problemas diarios de un negocio o sirven para tomar decisiones en la planeación a corto o largo plazo, sea el negocio de carácter gubernamental, de producción, de servicios, gremial o cooperativo. (WordPress)

Costos de Transporte (Dependiente) Cuantitativa: Costo que genera el movimiento de las mercancías desde su origen hasta sus respectivos destinos, constituye en la mayoría de los casos uno de los componentes más importantes del costo logístico.

2.3.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 1: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEL PROYECTO TESIS 2018-II					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional		Indicadores	Escala de medición
Herramientas de Investigación de Operaciones	Herramientas cuantitativas para la toma de decisiones que resuelven los problemas diarios de un negocio o sirven para tomar decisiones en la planeación a corto o largo plazo, sea el negocio de carácter gubernamental, de producción, de servicios, gremial o cooperativo. (WordPress)	Modelo matemático de planificación de Rutas	Calidad del servicio de reparto por sector geográfico, medido a través de las herramientas de calidad.	Focus Group. Diagr. Ishikawa. Diagr. Pareto	Ordinal
			Lógica de secuencia Minimizar = Costos de Transporte	Sumatoria de costos de transporte x distancia recorrida entre nodos	Razón
			\sum Tiempos de Tramos % de Variación de Tiempo $\frac{t_{actual} - t_{modelo\ mat.}}{t_{actual}} \times 100\%$	Tiempos total de recorrido Tiempos de recorrido entre nodos con modelo < Tiempos de recorrido entre nodos actual	Razón
			\sum Costos de Transporte % de Variación de Costos $\frac{C_{actual} - C_{modelo\ mat.}}{C_{actual}} \times 100\%$	Costo Total de Transporte Costo de Transporte con modelos < Costo de transporte actual	Razón

Costos de Transporte	Costos generados en el recorrido que une a los diferentes puntos que generan demanda. (FRANCES, 2005)	Costos mensuales de reparto de carga de la empresa Palmas del Espino S.A	Min= combustible+ mano de obra+ mantenimiento de vehículo = Soles /mes	Razón
-----------------------------	---	--	--	-------

Fuente: Elaboración Propia.

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población será los puntos de recojo de RFF (**racimo fruto fresco**) de la empresa Palmas del Espino S.A constituida por 537 puntos de recojo de RFF (Anexo Figura 4). Para determinar la muestra se aplicó la fórmula de poblaciones finitas calculando una muestra de 225 puntos de recojo de RFF. La **unidad de análisis** está compuesta por cada uno de los puntos de recojo de RFF de la empresa, y el tipo de **muestreo** empleado es aleatorio por conveniencia, ya que los puntos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad para realizar el enrutamiento.

Calculando el tamaño de la muestra.

N= 537 puntos de recojo de RFF.

Muestra:

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{E^2(N - 1) + Z^2 \times P \times Q}$$

Donde:

- n = Número de elementos de la muestra
- N = Número de elementos del universo
- P/Q = Probabilidad con las que se presenta el fenómeno, si no se conoce P= 0.5 y Q= 0.5
- Z2 = Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido; siempre se opera con valor sigma2, grado de confianza de 95% luego Z = 1.96
- E = Margen de error permitido: 0.05

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 537}{0.05^2(537 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

Muestra (n) Finalmente la formula arrojó el valor de: $n=225$ puntos de recojo de RFF.

La población se zonificó por conveniencia mediante los parámetros de mayor criticidad y accesibilidad a los puntos de recojo de RFF en estudio.

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el logro de cada uno de los objetivos específicos se procederá a emplear las siguientes técnicas y herramienta:

- Para determinar el entorno actual del reparto de carga, primero se ejecutará la técnica Lluvia de Ideas para determinar todos los problemas que se encuentran en el Transporte de RFF (Anexo C1.1), una vez culminado esto se procederá a realizar un diagrama de Isikawa o Espina de pescado (Anexo Figura 5), para poder determinar las causas que afectan a la calidad de servicio del proceso de recojo de RFF y a la misma vez se realizará un formato (Anexo Figura 6) del cual se obtendrá las frecuencias de dichas causas. Y por último, se realizará un Diagrama de Pareto (Anexo Figura 7) para determinar el 80% de las causas que afectan al recojo de RFF. A través de estas herramientas de calidad se zonificará los puntos de recojo que presenten mayor dificultad en el transporte de RFF, validada por el juicio de expertos (Anexo C1.2).
- Para mapear los puntos de recojo de RFF se utilizará una Hoja de ruta (Anexo C2.4) la cual pretende anotar secuencialmente el ruteo del vehículo (Dámper) durante el día y ubicarlas en el grafo de la zona geográfica de la Plantación de la empresa Palmas del Espino S.A en el mapa facilitado por la empresa (Anexo Figura 4), con la finalidad de visualizar la ubicación de los puntos de recojo de RFF y la distancia que existe entre los nodos descritos por el camión.
- Para determinar los costos actuales del recojo de RFF, se recurre a las técnicas de análisis de información recolectando los datos de los costos del área recojo de RFF tales como: costo de combustible, mano de obra y mantenimientos incididos en el periodo mayo-2018, a través de la información que te brindará la empresa Palmas del Espino S.A (Anexo C 2.5).

- Para realizar el modelo matemático de optimización de rutas con sus restricciones se determinara las asignaciones a las variables de decisión (clientes, vehículos, distancia) de tiempo de carguío, capacidad, horas hombre, entre otros; anotados en la hoja de ruta (Anexo C 2.4) el cual mostrara el modelo del Dámper, capacidad neta, nombre del conductor, fecha del recorrido, numero de malleros, por otro lado se debe determinar los tiempos de ciclo para lo cual se empleara el estudio de tiempos y la observación directa anotando sus resultados en el formato de estudios de tiempos (Anexo C1.1, 2, 3) con la cual se establecerá cronológicamente los transportes de RFF realizados mediante una toma de tiempos sub dividida en sub procesos desde el inicio del recorrido, tiempo de carguío, tiempo en balanza, tiempo de espera en rampa, hasta tiempo de descarga; teniendo en cuenta el peso de carga (kg.) por cada punto recogido de RFF. Los datos obtenidos de este estudio de tiempos alimentara a la función objetivo y restricciones de los distintos modelos matemáticos de rutas a probar.
- Para simular los resultados de los costos en distintos panoramas de ocurrencia se empleará Excel 2013 y Solver que es un software en el cual se modelara el objetivo anterior para realizar los análisis de sensibilidad en cada posible tipo de modelo de rutas de transporte descritos en el marco teórico; a fin de obtener la ruta óptima que minimice los costos de recojo de RFF.
- Para calcular el impacto del modelo matemático de planificación de rutas en el costo del sistema de recojo de RFF se efectuará una comparación de costos y se determinara el % de ahorro generado en el sistema de reparto, esto se probará estadísticamente con el software SPSS Vs 22, probándose en primer lugar la normalidad del comportamiento de los datos de los costos dependiendo de los resultados se procede a emplear la pruebas estadísticas de t-student.

2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

A nivel descriptivo se analizarán los datos de acuerdo a su escala, tabulándolos en tablas de frecuencia, contingencia o presentándolos en gráficos, calculando sus medidas de tendencia central.

Para probar la hipótesis se recurre a pruebas de escala razón a la comparación de muestras a grupos pareados empleando la prueba estadística de Shapiro - Wilk para comprobar la normalidad de los datos por corresponder a datos cuantitativos. Si cumple se emplea la prueba estadística de t-student.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

En la presente investigación, se respetó la propiedad intelectual, la veracidad de los resultados, con la confiabilidad de los datos obtenidos por los encuestados, así mismo no se reveló la identidad de los individuos que participaron en el estudio, así como a solo tomar los datos consentidos por los encuestados.

III. RESULTADOS

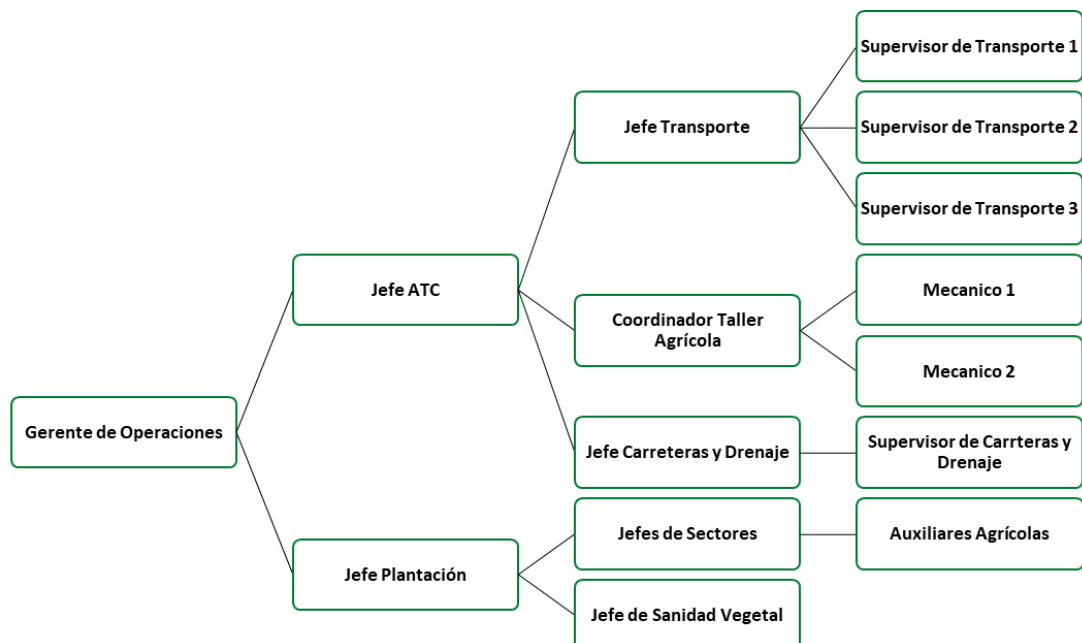
3.1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. Generalidades

Datos de la Empresa:

Palmas del Espino S.A con RUC 20104121374, es una empresa dedicada al cultivo y transporte de fruto de Palma, fue establecida en el año 1979 en la ciudad de Juanjuí. Unos años después, en 1982 una vez culminado las investigaciones necesarias, asesorada por expertos de nacionalidad francesa se comenzó el cultivo en un área de 600 hectáreas, generando el nacimiento de una empresa gobernadora en su rubro, productora de riqueza y crecimiento en el departamento de San Martín. Hoy en día funciona en el departamento de San Martín, provincia de Tocache y distrito de Uchiza.

Organigrama



3.1.2. Análisis de la baja calidad de servicio del Transporte de RFF

Como primera medida de análisis se aplicó la técnica Lluvia de Ideas en el cual se determinó 10 problemas que se encuentran en el Transporte de RFF (Anexo C1.1). Como segunda instancia para poder determinar las causas que afectan a la calidad de servicio del proceso de recojo de RFF se realizó un diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado (Anexo Figura 5), y a la misma vez se realizó un formato mediante el cual se obtuvo las frecuencias de dichas causas (Anexo Figura 6). Y por último, se realizó un diagrama de Pareto que determinó el 80% de las causas que afectan al proceso de recojo y transporte de RFF (Anexo Figura 7).

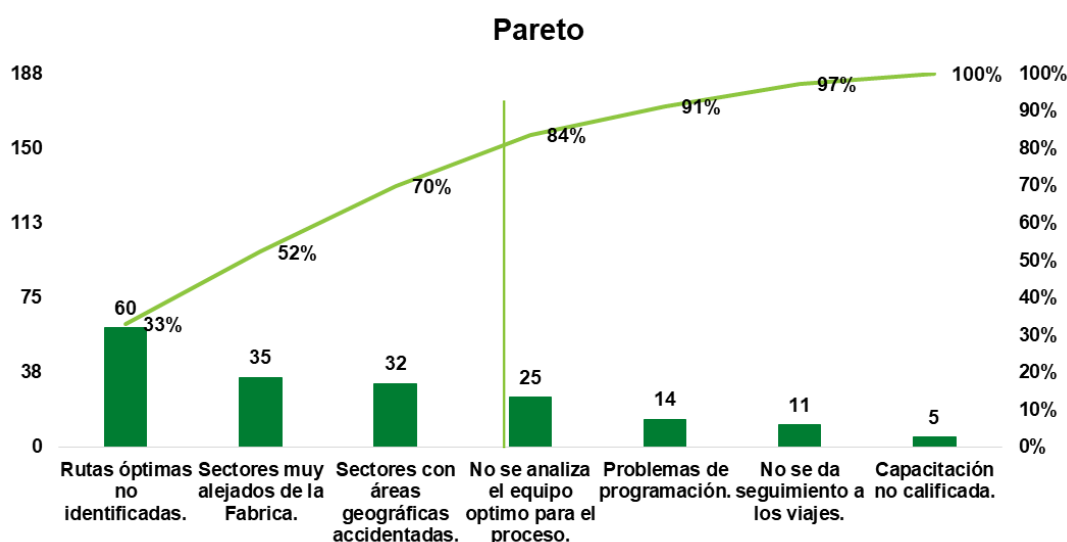


Figura 1: Principales causas que son determinantes en la baja calidad en el servicio de recojo de RFF en Palmas del Espino S.A, 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Para zonificar los puntos de recojo de RFF más críticos se aplicó una encuesta (Anexo C1.2). En lo cual se concluyó que los puntos de recojo de RFF más críticos se encuentran en el campamento Bernal en un área de 700.3 ha la cual pertenece al SE03. En esta zona denominada “**Chacrita**” está conformada por **32** puntos de recojo de RFF.

3.2. Mapeo de puntos críticos de recojo de RFF

3.2.1. Descripción del proceso actual de la Programación y Recojo de RFF:

El área de transporte cuenta con 3 supervisores, estos realizan una programación diaria la cual comienza con la recepción de información de

la cosecha (**RFF alistado en los puestos de cosecha**) del día la cual es dictada por los auxiliares de cada sector, luego proceden hacer su programación pintando en un plano las zonas que contienen RFF para transportar y de acuerdo a ese plano hacer su distribución de maquinaria y cuadrillas (**malleros y conductor**) respectivas priorizando el RFF más antiguo en campo (Anexo Figura 8). Una vez hecha la programación, los VOLVOS comienzan el transporte de RFF desde los distintos puntos de recojo hacia la fábrica (Anexo Figura 9) (Anexo D4).

3.2.2. Ubicación geográfica de los puntos críticos de recojo de RFF:

Luego de identificar los puntos de recojo más críticos se procedió a ubicarlos en el plano proporcionado por la empresa (Anexo Figura 4) y se midió la distancia entre nodos, el tiempo estándar de los vehículos y el tiempo de carguío. (Anexo Tabla 17 y 18)

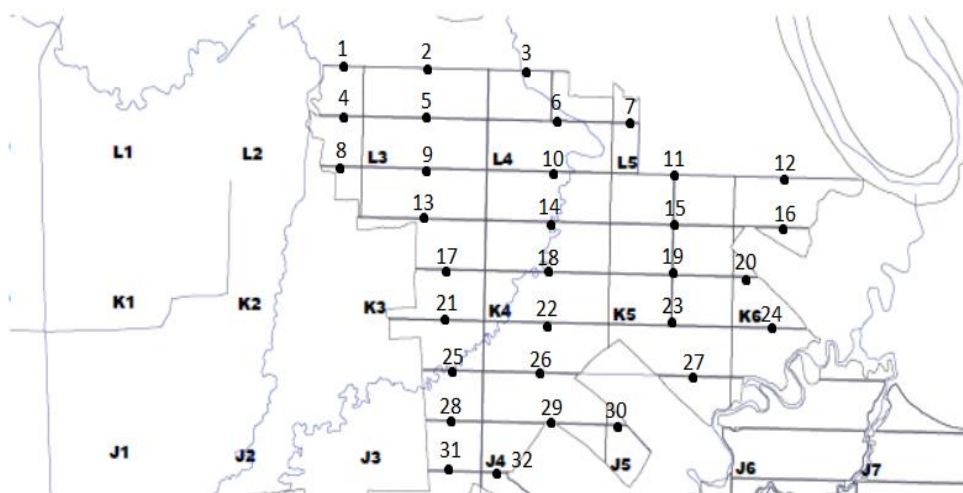


Figura 2: Mapeo y zonificación de puntos de recojo de RFF en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Costos actuales del recojo de RFF

Los principales costos de la operación de transporte de RFF que se tomaron en cuenta para esta investigación son: mano de obra, mantenimiento y combustible del periodo marzo 2018. Fueron proporcionados por el área de contabilidad (combustible y mantenimiento) y RR.HH (mano de obra). Luego se procedió a distribuir los gastos por Unidad Volvo según corresponda.

- Costo de Combustible: El costo de combustible se obtuvo de la base de datos del BIOSALC a través de las órdenes internas de cada volvo.

Tabla 2: Capacidad, horas trabajadas del mes, costo del mes y tarifa (S/. x Hora) de los volvos de la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

Ítem	Volvo	Placa	Capacidad (TM)	Horas	Costo	Costo (S/.xHora)
1	112	F5I-175	14.5	267.2	10,316.81	38.61
2	113	F7Z-897	14.5	331.3	11,767.75	35.52
3	114	F7X-925	14.5	281.4	9,477.56	33.68
4	115	A9C-872	15.8	328.8	10,521.78	32.00

Elaboración: Propia

Fuente: Área de contabilidad de la empresa palmas del Espino S.A

- Costo de Mano de Obra: La empresa emplea 6 malleros más 1 conductor de la unidad obteniendo el Costo Total H-H = $6 \times 8.32 + 10.13 = \text{S/. } 60.05$, coeficiente del modelo.

Tabla 3: Calculo del costo Hora-Hombre del personal que participan en esta operación de la empresa Palmas del Espino S.A, marzo 2018.

Ítem	Actividad	Jornal	Costo Empresa (S/. x Jor)	Horas x Jor	H-H (S/.)
1	Mallero	6	66.53	8	8.32
2	Conductor	1	81.03	8	10.13

Elaboración: Propia

Fuente: Área de RR.HH de la empresa palmas del Espino S.A

- Costo de Mantenimiento: El costo total anual de mantenimiento x volvo se obtuvo de la base de datos del BIOSAL a través de las órdenes internas de cada volvo.

Tabla 4: Costo de mantenimiento de las unidades de la empresa Palmas del Espino S.A, 2017.

Ítem	Volvo	Descripción	Horas	Costo (S/.)	Costo (S/.xHora)
1	112	Mtto. Volvo sin Depr.	2,939.20	102,043.26	34.72
2	113	Mtto. Volvo sin Depr.	3,644.30	93,529.23	25.66
3	114	Mtto. Volvo sin Depr.	3,095.40	97,386.98	31.46
4	115	Mtto. Volvo sin Depr.	3,616.80	149,390.07	41.30

Elaboración: Propia

Fuente: Área de RR.HH de la empresa palmas del Espino S.A

3.4. Desarrollo del modelo matemático de planificación de rutas

Ante las condiciones cambiantes que se presentan cada día en el recojo de RFF (**racimo fruto fresco**), es que se ha tenido que realizar un programa usando una hoja de cálculo de Excel, para lo cual se ha de considerar los siguientes parámetros:

- Punto de recojo: al momento de mapear la zona de estudio se tuvo que asignar un código a cada ubicación donde se ha realizado el recojo.

- b) Kilómetros total de recorrido: Aquí se calcula la distancia desde la planta hasta el punto de recojo de RFF y se va acumulando cuando se traslada de un punto a otro.
- c) Kilómetros entre puntos: Distancia entre puntos de recojo de RFF que sirve luego para calcular el total de kilómetros.
- d) Capacidad disponible: Espacio que se tiene disponible para poder cargar al llegar a determinado punto de recojo de RFF.
- e) Toneladas a recoger: Cantidad de toneladas acopiadas en el punto de recojo de RFF para ser enviadas a planta.
- f) Toneladas que quedan por recoger: Cantidad de toneladas que se tiene que regresar para recoger.

Lógica del sistema:

- a) Los kilómetros recorridos se acumulan en base al mensaje de toneladas que quedan por el recoger, si el mensaje es continuar se acumulan los kilómetros recorridos adicionando los kilómetros entre puntos de recojo, si el mensaje es volver se duplica la cantidad de kilómetros recorridos dado que se considera el ida y vuelta.
- b) En cuanto a la capacidad disponible depende del mensaje de las toneladas que quedan por recoger, si el mensaje es continuar se ha de restar la capacidad disponible menos las toneladas a recoger, si el mensaje es volver se actualiza la capacidad a la capacidad total del vehículo y se resta las toneladas a recoger.
- c) El dato de toneladas a recoger es lo que la empresa llena en cada uno de los puntos de recojo, este dato es el motor para que se recalculen todos los datos programados.
- d) Toneladas que quedan por recoger, depende de la capacidad disponible y las toneladas a recoger, si la capacidad disponible es mayor que las toneladas a recoger se asigna el valor cero, caso contrario restamos la capacidad disponible menos las toneladas a recoger.

Tabla 5: Datos de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

a) Km recorridos	0	13	0	4	8	28	
b) Km entre puntos de recojo		1		1		1	
c) Capacidad disponible	11.5		11.5		1.5		14.5
d) Tn a recoger	0	no recoger	10	recoger	6	recoger	
e) Tn que quedan por recoger	0	continuar	0	continuar	4.5	volver	
f) Puntos de recojo		1		2		3	

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

Tabla 6: Formulas de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

a) Km recorridos	=SI(D6="volver";SUMA(\$B\$7:\$B\$57);0)
b) Km entre puntos de recojo	
c) Capacidad disponible	=SI(D14="volver";MIN(C12:I12);SI(F14="volver";MIN(G12:I12);SI(H14="volver";I12;SI(J14="volver";I12))))
d) Tn a recoger	10
e) Tn que quedan por recoger	=SI(C4>=C5;0;C5-C4)

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

Este sistema se agrupa en un cuadro resumen de las siguientes características:

- a) Se ha de considerar tres vehículos de capacidad de 14.5 toneladas y un vehículo de capacidad de 15.8 toneladas.
- b) De abajo hacia arriba, es decir de sur a norte.
- c) De Arriba hacia abajo, de norte a sur.
- d) Con el sistema de recojo creado se calcula la cantidad de kilómetros totales recorridos.
- e) La cantidad de viajes que se han de realizar (se cuentan todos los mensajes: volver).
- f) La cantidad de puntos de recojo (se cuentan todos los mensajes: recoger).

Tabla 7: Cuadro resumen de la programación del modelo heurístico del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

TN	RECORRIDO	km	viajes	PUNTOS DE RECOJO
14.5	ABAJO HACIA ARRIBA	267	13	27
14.5	ARRIBA HACIA ABAJO	247	8	27
15.8	ARRIBA HACIA ABAJO	233	6	27
15.8	ABAJO HACIA ARRIBA	289	15	27

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

Basado en el cuadro resumen se ha de separar las dos políticas y considerar los costos respectivos para hallar el costo de uso:

Tabla 8: Políticas para considerar los costos respectivos del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

ABAJO HACIA ARRIBA	MANTENIMIENTO S/HR	CONDUCTOR S/HR	MALLEROS S/HR	VELOCIDAD (KM/HR)	HORAS USADAS PARA RECOJO(HR)= Velocidad/km recorridos	COSTO DE USO (s/ hr)
CAPACIDAD (Tn)						
14.5	38.61	10.13	49.92	50	5.34	526.844
14.5	35.52	10.13	49.92	50	5.34	510.343
14.5	33.68	10.13	49.92	50	5.34	500.518
15.8	32	10.13	49.92	50	5.78	532.049
ARRIBA HACIA ABAJO	MANTENIMIENTO S/HR	CONDUCTOR S/HR	MALLEROS S/HR	VELOCIDAD (KM/HR)	HORAS USADAS PARA RECOJO(HR)= Velocidad/ km recorridos	COSTO DE USO (s/ hr)
CAPACIDAD (Tn)						
14.5	38.61	10.13	49.92	50	4.94	487.38
14.5	35.52	10.13	49.92	50	4.94	472.11
14.5	33.68	10.13	49.92	50	4.94	463.02
15.8	32	10.13	49.92	50	4.66	428.95

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

Estructura para usar SOLVER:

En este tablero se asigna el valor de cero a todos los casilleros que relaciona la capacidad de cada vehículo y la políticas de recojo a evaluar, nótese que la última columna tiene valor 1 dado que allí se restringe la cantidad de vehículo disponible cada tipo, de la misma manera hacia la parte inferior se considera la

limitante <= porque máximo un vehículo se enviara a una de las políticas de recojo:

Tabla 9: Programación en Solver de los costos respectivos del transporte de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	
	14.5	14.5	14.5	15.8	14.5	14.5	14.5	15.8	=
14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<=	0	0	0	0	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

En esta tabla se ingresan los costos calculados en las tablas de las políticas de recojo, se debe aclarar que solo los casilleros de color amarillo son los que se evalúan y los demás casilleros como se van a considerar se les otorga el valor de un costo muy alto, en este caso se le da el valor de 1000.

Tabla 10: Costos respectivos del transporte según políticas en consideración de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO
	14.5	14.5	14.5	15.8	14.5	14.5	14.5	15.8
14.5	526.8444	1000	1000	1000	487.3804	1000	1000	1000
14.5	1000	510.3438	1000	1000	1000	472.1158	1000	1000
14.5	1000	1000	500.5182	1000	1000	1000	463.0262	1000
15.8	1000	1000	1000	532.049	1000	1000	1000	428.953

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

Este tablero reúne el cálculo de los costos y es la multiplicación del valor de las variables y el costo respectivo:

Tabla 11: Costos reducidos según políticas en consideración de la Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ABAJO HACIA ARRIBA	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	ARRIBA HACIA ABAJO	
14.5	0	0	0	0	487.380 4	0	0	0	487.3 804
14.5	0	0	0	0	0	472.115 8	0	0	472.1 158
14.5	0	0	0	0	0	0	463.026 2	0	463.0 262
15.8	0	0	0	0	0	0	0	428.953	428.9 53
								COSTO MINIMO	1851. 4754

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

3.5. Simulación de equipos según su costo en SOLVER

Programación de SOLVER:

El modelo lineal a usar considera la función objetivo de costos, además tiene las limitantes de oferta de vehículos con valores = 1 y de la cobertura de política con orientación \leq , adicionalmente se ha de considerar decisiones excluyentes para cada tipo de vehículos decir debe elegir máximo una de las políticas de recojo. Con esta programación se ha de lograr decidir por cada tipo de política considerando el de menor costos, o en algunos casos saber que política de recojo elegir para cada tipo de vehículo.

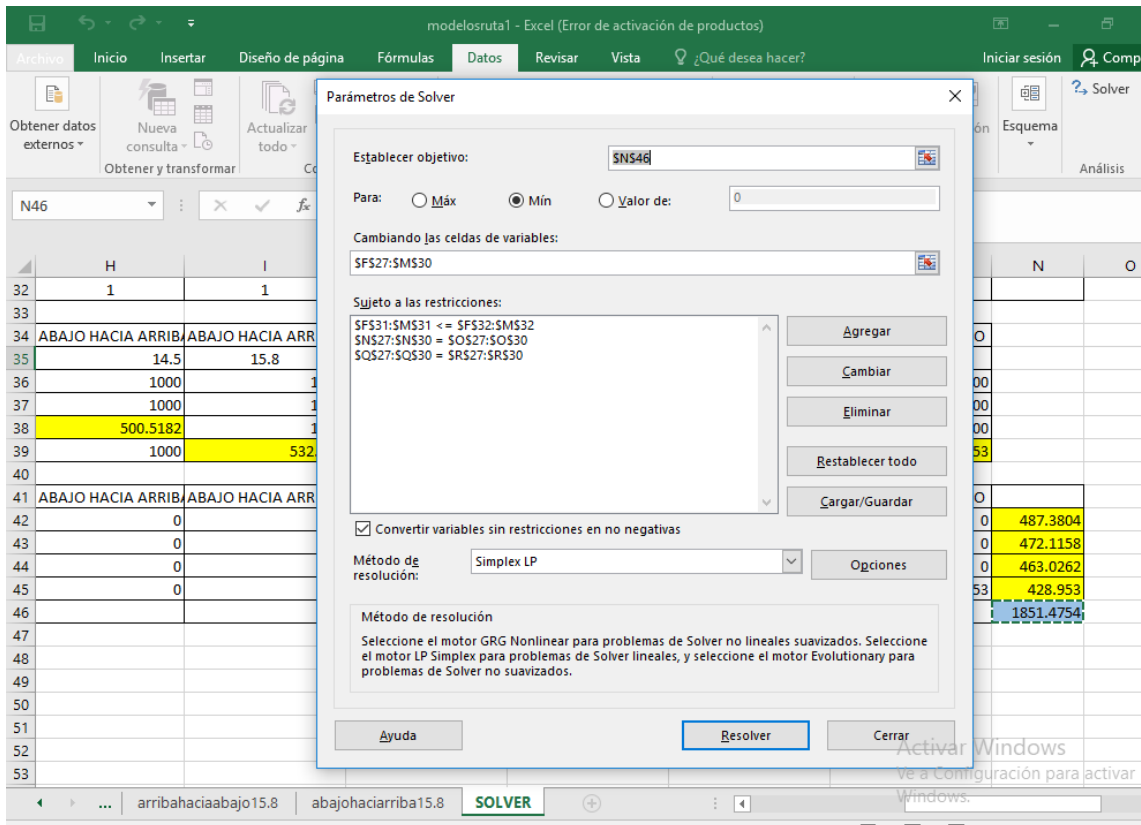


Figura 3: Programación de los costos de transporte en SOLVER en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Impacto del modelo matemático de planificación de rutas en los costos de recojo de RFF

3.6.1. Análisis técnico

El costo real de transporte de RFF obtenido es de S/. 12,024.70 en el mes de marzo y el costo reducido es de S/. 11,518.51; entonces el porcentaje de ahorro obtenido es:

$$\text{Ahorro}(\%) = \frac{\text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{modelado}}}{\text{Costo}_{\text{actual}}} \times 100$$

$$\text{Ahorro}(\%) = \frac{12,024.70 \text{ S/./mes} - 11,518.51 \text{ S/./mes}}{12,024.70 \text{ S/./mes}} \times 100 = 4.2\%$$

El modelo heurístico en la hoja de cálculo reduce 4.2% los costos de transporte de RFF.

3.6.2. Análisis inferencial

Se analizó las muestras pareadas entre el costo de transporte de RFF actual y el costo modelado de cada volvo, la cual se realizó la diferencia entre ellos con la finalidad de aprobarlos estadísticamente en el software SPSS Vs 20.

Tabla 12: Diferencia de muestras pareadas entre el costo actual y el costo modelado por el cliente de transporte de RFF de la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

Día	Mes	Año	Volvo	Costo Pretest	Costo Postest	Diferencia
1	3	2018	112	518,95	487,38	31,57
1	3	2018	113	502,70	472,12	30,58
1	3	2018	114	493,02	463,03	29,99
1	3	2018	115	532,05	428,95	103,10
2	3	2018	112	676,81	664,97	11,84
2	3	2018	113	655,61	644,14	11,47
2	3	2018	114	642,99	631,74	11,25
2	3	2018	115	532,05	532,05	0,00
3	3	2018	112	710,35	710,35	0,00
3	3	2018	113	688,10	688,10	0,00
3	3	2018	114	674,86	674,86	0,00
3	3	2018	115	532,05	532,05	0,00
4	3	2018	112	601,83	601,83	0,00
4	3	2018	113	582,98	582,98	0,00
4	3	2018	114	571,75	571,75	0,00
4	3	2018	115	532,05	486,02	46,03
5	3	2018	112	700,49	621,56	78,93
5	3	2018	113	678,55	602,09	76,46
5	3	2018	114	665,48	590,50	74,98
5	3	2018	115	532,05	532,05	0,00

Elaboración: Propia

Fuente: Empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

3.6.2.1. Prueba de normalidad

Para validar la hipótesis se realizó primero la prueba de normalidad de Shapiro -Wilk a la muestra de 4 volvos a la variable costos de transporte de RFF, teniendo como hipótesis:

Ho: Los costos de transporte de RFF tienen un comportamiento normal.

H1: Los costos de transporte de RFF no tienen un comportamiento normal.

Tabla 13: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la diferencia de los costos de distribución Pre modelo y Post modelo en la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,774	20	,000

Fuente: Empresa Palmas del Espino S.A, Systems Estadístico SPSS

Obteniéndose $p = 0.000$ menor a la significancia de 5% por tanto se acepta H1: Los costos de transporte de RFF no tienen un comportamiento normal.

3.6.2.2. Prueba inferencial

Luego se realizó la prueba de contrastación de hipótesis con la prueba estadística de t-student a la variable costos de distribución, teniendo como hipótesis:

Ho2: El modelo heurístico no reduce los costos de transporte de RFF.

H2: El modelo heurístico reduce los costos de transporte de RFF.

Tabla 14: Prueba estadística wilcoxon para contrastación de hipótesis.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
POSTEST - PRETEST	Rangos negativos	11 ^a	6,00	66,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	9 ^c		
	Total	20		

a. POSTEST < PRETEST

b. POSTEST > PRETEST

c. POSTEST = PRETEST

Estadísticos de contraste^b

	POSTEST - PRETEST
Z	-2,934 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,003

a. Basado en los rangos positivos.

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Fuente: Empresa Palmas del Espino S.A, Systems Estadístico SPSS

Al ser $p = 0.003$ menor a la significancia 0.05 se rechaza H_0 y se acepta la H_1 , por ende el modelo heurístico reduce los costos de transporte de RFF.

IV. DISCUSIÓN

- Al evaluar la situación actual del reparto de carga de la empresa Palmas del Espino S.A, se encontró que las rutas optimas no identificadas, sectores muy alejados de la fábrica, sectores con áreas geográficas accidentadas y no se analiza el equipo óptimo para el proceso representan el 80% de las causas que afectan a la calidad del servicio del reparto de RFF, los cuales representan el 14,22% de la muestra; esta situación constantemente se repiten en muchas empresas del mismo rubro como se puede ver en la investigación de Namay Carbonel quien encontró el 28% de sus clientes insatisfechos por la baja calidad de su servicio de reparto. Por otro lado se debe observar los métodos utilizados por los investigadores para determinar las principales fluctuaciones que afectan a la calidad de servicio de reparto de RFF, en esta investigación se utilizó un Focus Group y las herramientas básicas de calidad las cuales son validadas por el marco teórico (Pozo, 2014); sin embargo existen otras formas para determinar la situación actual de reparto como la aplicación de encuesta de calidad de reparto como lo realizó (Jesús, 2015).
- Al mapear los puntos de recojo de RFF de la empresa Palmas del Espino S.A, se determinó mediante la aplicación de una encuesta el área más crítica de la plantación conformada por 32 puntos de recojo de RFF en un área de 700.3 ha y a la misma vez determinar la distancia real del punto de origen hacia los puntos de recojo de RFF; sin embargo en la investigación de Namay Carbonel se zonificó 45 puntos de reparto en estudio con la misma encuesta aplicada para determinar sus clientes insatisfechos y los ubicó geográficamente en Google Maps (Jesús, 2015); se utilizó un modelo de hoja de ruta para determinar los tiempos y distancias de reparto del origen a cada punto de recojo de RFF y a la misma vez las distancias entre cada punto de recojo de RFF esta metodología está apoyada teóricamente por la investigación de (GARCÍA, 1999) quien afirma que el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo.
- Se determinó los costos operativos de reparto actuales de la empresa Palmas del Espino S.A, los cuales en base a ellos se midió el impacto del

modelo heurístico; sin embargo en la investigación de Jose Cadillo se exceptúan estos costos ya que mide solo el impacto en distancias de recorrido (CADILLO, 2011); y en la investigación de Pérez Jimena Cecilia y Silva Pimentel Consuelo solo se considera el costo de combustible para determinar el impacto de su modelo propuesto (PÉREZ, y otros, 2000); los costos utilizados abarcan mano de obra, mantenimiento y combustible ya que se consumen en todas las actividades de reparto y estos son apoyados teóricamente por (FRANCESCO, 2005) que nos explica sobre el coste de distribuir.

- Al realizar el modelo heurístico del reparto de la empresa Palmas del Espino S.A, se determinó que la hoja de cálculo EXCEL nos permitirá expresar el modelo heurístico en el lenguaje del modelado y a la misma vez determinar los costos en diferentes panoramas mediante SOLVER, esto debido al cambiante panorama que se presentan en el día a día en la operación; sin embargo en la investigación de Jose Cadillo se empleó el software LINDO en la cual se tiene una interfaz de programación y limita el número de variables y restricciones a emplear, pues en este estudio solo se tomó en cuenta la restricción de distancia entre nodo; se programaron las siguientes restricciones en la hoja de cálculo km recorridos, km entre puntos de recojo, capacidad disponible, t_n a recoger y t_n que quedan por recoger estos son validados teóricamente por (Valladares, 2009) quien define todos los beneficios que te da el programa Microsoft Excel.
- Al determinar los costos de reparto en diferentes panoramas después de haber realizado el modelo heurístico de la empresa Palmas del Espino S.A, logrando reducir en un 4.2% el costo de transporte de RFF, teniendo en cuenta en la reducción de kilómetros recorridos el cual impacta en el costo del combustible; sin embargo en la investigación de Namay Carbonel empleo el algoritmo de pétalos reduciendo el costo de reparto en un 43.7% (Jesús, 2015), sin embargo en la investigación de Pérez Jimena Cecilia y Silva Pimentel Consuelo se empleó solo la restricción de distancia entre nodos obteniendo una reducción de 24.9% en el costo del combustible (PÉREZ, y otros, 2000); y por último en la investigación de Palacios se obtuvo una reducción de 6.74% en sus costos operativos de reparto. Sin embargo cabe

referenciar, que los criterios empleados dependen de la realidad del estudio, siendo Microsoft Excel el más apropiado para las realidades operativas de las empresas muy cambiantes, siendo las características antes expuestas de la realidad de donde se aplicó.

- Se aprobaron estadísticamente los datos posttest y pretest de aplicado el modelo heurístico. Como primera instancia se aplicó la prueba de normalidad con Shapiro Wilk al ser los datos de la muestra <50 y después la prueba estadística de contrastación Wilcoxon $p = 0,003$ menor a la significancia de 0.05 ; no obstante la investigación realizada por Namay Carbonel realizo una prueba de Shapiro Wilk al ser su muestra de 45 clientes y una prueba de contrastación de t-student $p = 0,017$ menor a la significancia 0.05 .

V. CONCLUSIONES

- Según las investigaciones realizadas tanto en la empresa en estudio como en las otras realidades, se puede observar que en algún momento se dio un bajo nivel de calidad de servicio en el transporte, pues el 14,22% de la muestra representan los puntos más críticos.
- De acuerdo a la investigación en la empresa en estudio se concluyó que no existe ni un modelo de rutas que permita ayudar en la toma de decisiones, esto se basó en la realidad específica y la habilidad del investigador, para sintetizar de la realidad las variables y restricciones que únicamente afectan en la gestión de distribución estudiada.
- En el modelo heurístico de la investigación se consideró las siguientes variables para alimentar dicho modelo: kilómetros recorridos, kilómetros entre puntos de recojo, capacidad disponible, toneladas a recoger, toneladas que quedan por recoger y puntos de recojo, las cuales fueron adecuadas a la realidad problemática y a los objetivos de la investigación.
- El modelo heurístico desarrollado tuvo un impacto en la reducción de los costos de reparto en un 4,2%; este impacto se dio en la reducción de kilómetros recorridos, por lo tanto reducción de combustible.
- Se probó la hipótesis con la prueba estadística Wilcoxon obteniéndose un $p = 0.3\%$ menor a la significancia de 5% lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la aplicación del modelo heurístico de planificación de rutas reduce el costo de transporte de la empresa Palmas del Espino S.A, 2018.

VI. RECOMENDACIONES

- Capacitar a los supervisores del área de transporte en la interpretación del reporte de Microsoft Excel además de dar seguimiento a las rutas obtenidas en la hoja de cálculo y a las realizadas por el conductor.
- Revisar continuamente los puntos de recojo de RFF y los datos para corrida del modelo heurístico; además de las variables para su constante mejora continua.
- Considerar el abastecimiento del combustible si lo realiza al inicio o fin de la operación e incluirlo en el modelo heurístico.
- Capacitar constantemente a los responsables del área de transporte sobre las distintas herramientas de investigación de operaciones que puedan ayudar en la toma de decisiones y mejorar la calidad de reparto.
- Aplicar un estudio de métodos para la labor de carguío realizados por el personal conocido como malleros, considerando los implementos de seguridad y métodos ergonómicos, para mejorar la laborar y contrastar los beneficios de la gestión de seguridad y salud ocupacional sobre el rendimiento y desempeño de los colaboradores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrositio. 2017. Agrositio. Agrositio. [En línea] 29 de Marzo de 2017.
[www.agrositio.com/vertext/.php?id=184016&se=.](http://www.agrositio.com/vertext/.php?id=184016&se=)

Análisis Integral de la Logística en el Perú. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. 2016. Perú : s.n., 2016.

BALLOU, Ronald. 2004. Lógica, Administración de la Cadena de Suministro. México : PEARSON Educación, 2004. 970-26-0540-7.

BEASLEY, J. 1983. Omega. EE.UU. : Elsevier Ltd., 1983. págs. 403-408. Vol. 11. 0305-0483.

BELFIORE, Patricia y YOSHIZAKI, Hugo. 2012. Computers & Industrial Engineering. EE.UU. : Elsevier Ltd., 2012. págs. 589-601. Vol. 64. 0360-8352.

CADILLO, José. 2011. Estudio comparativo de la aplicación de heurísticas al problema de ruteo de vehículos". Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.

CHAVEZ, Rodolfo y TORRES, Jorge. 2012. Supply Chain Management. Segunda ed. Santiago de Chile : RIL editores, 2012. pág. 32. 978-956-284-909-8.

COYLE, jhon, y otros. 2014. Administración de la Cadena de Suministro. Mexico : CENGAGE Learning, 2014. 646.

DAVAENDRA, Donald. 2010. Traveling Salesman Problem: an Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches. EE.UU. : INTECH, 2010. 978-953-307-426-9.

FRANCESC, Anton. 2005. Logística del transporte. España : Ediciones UPC, 2005. 9788483017739.

GARCÍA, Roberto. 1999. Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México : Mc Graw Hill, 1999. 970-10-4657-9.

GOLDEN, B., y otros. 1984. Computers & Operations Research. EE.UU. : Elsevier Ltd., 1984. págs. 49-66. Vol. 11. 03050548.

HILLER, FREDERICK S. y LIEBERMAN, GERALD J. 2002. Investigación de Operaciones. 7 ed. México : Mc Graw Hill, 2002. 9789701034.

HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. 2010. Introducción a la Investigación de operaciones. Quinta ed. México : McGRAW-HILL, 2010. págs. 2-3. 978-607-15-0308-4.

HIMMELBLAU, David y BISCHOFF, Kenneth. 1992. Análisis y Simulación de procesos. Madrid : Editorial Reverte, 1992. 9788429172355.

Jesús, Carbonel Namay Teresa de. 2015. MODELO MATEMÁTICO DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DEL REPARTO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L. EN EL AÑO 2015. Trujillo : s.n., 2015. 80.

Josymar, Cadillo Paredes José. 2011. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE HEURÍSTICAS AL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS. Lima : s.n., 2011. 70.

KONG, Maynard. 2010. Investigación de Operaciones. 1 edición. Lima : Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010. pág. 300. 978-9972-42-921-7.

LINDO Systems, Inc. 2003. Descarga: LINDO User's Manual. LINDO Web site. [En línea] 2003. [Citado el: 3 de Junio de 2015.] <http://www.lindo.com> .

Maria, García Murrieta y Jorge, Rodríguez Garduño. 2009. "Desarrollo de un marco conceptual para el manejo y operación de la carga con un enfoque de ingeniería de Transporte". Mexico D.F : s.n., 2009.

Meindl, Sunil Chopra Peter. 2008. Administración de la Cadena de Suministro. Mexico : Pearson, 2008. 553.

MORA, Luis. 2010. Gestión logística integral : las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. Primera ed. Bogotá : Ecoe Ediciones, 2010. pág. 210. 9789586485722.

OperacionesII, Artículos relacionados con la investigación de. 2011. Artículos relacionados con la Investigación de OperacionesII. [En línea] 26 de Septiembre de 2011. operativaii.blogspot.pe/2011/09/aplicacion-de-la-investigacion-de.html?m=1.

PALACIOS, dionicio. 2016. APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO DE RUTAS PARA OPTIMIZAR LA DISTRIBUCIÓN DE MERCADERÍA EN LA EMPRESA LOGISTIC MULTISERVICE COMPANY C&B SAC. Trujillo : Universidad César Vallejo, 2016.

PÉREZ, Jimena y PIMENTEL, Consuelo. 2000. Optimización del transporte de materia prima de una empresa esparraguera. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2000.

—. 2000. Optimización del transporte de materia prima de una empresa esparraguera. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2000.

Pozo, Francisco Germán Calderon. 2014. Diagnostico y propuesta de mejora del proceso de control de la calidad en una empresa que elabora aceites lubricantes automotrices e industriales utilizando herramientas y técnicas de la calidad. Lima : s.n., 2014. 100.

Rodolfo Torres Rabello, Jorge H. Chávez. 2014. Supply Chain Management. s.l. : Ril Editores, 2014.

Taha, Hamdy A. 2012. Investigación de Operaciones. Mexico : Pearson, 2012. 827.

TAHA, Hamdy. 2012. Investigación de Operaciones. Novena ed. México : PEARSON, 2012. pág. 11. 978-607-32-0796-6.

Técnicas, Instituto Uruguayo de Normas. 2009. Herramientas para la mejora de la Calidad. Herramientas para la mejora de la Calidad. [En línea] 2009.

<https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>. 117.

The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms.

LAPORTE, GILBERT. 1991. 6128, Montreal : European Journal of Operational Research, 1991, Vol. I. H3C 3J7.

Valladares, Joe Jordan Esteves. 2009. Propuesta y aplicación de una metodología integral para diseñar e implementar sistemas híbridos de información en empresas. Lima : s.n., 2009. 165.

WEATHERFORD, Moore, SCHMIDT, Gould y EPPEN. 2000. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Quinta ed. México : Prentice-Hall, 2000. pág. 68. 970-17-0270-0.

WINSTON, Wayne L. 2005. Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. Cuarta ed. México : Thomson, 2005. págs. 20-24. 9706863621.

WordPress. Porque la optimización no es sólo un proceso, es nuestro día a día. Porque la optimización no es sólo un proceso, es nuestro día a día. [En línea] <https://inveoperaciones.wordpress.com/investigacion-de-operaciones/>.

ANEXOS

A. Anexo Tablas

Tabla 15: Sistema de valoración Westinhouse.

SISTEMA DE VALORACIÓN WESTINGHOUSE PARA HALLAR EL TIEMPO NORMAL DE REPARTO DE CARGA DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR, 2015-I											
HABILIDAD			ESFUERZO			CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.15	A1	Habilísimo	+0.13	A1	Excesivo	+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.13	A2	Habilísimo	+0.12	A2	Excesivo	+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente	+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente	0.00	D	Medias	0.00	D	Media
+0.06	C1	Bueno	+0.05	C1	Bueno	-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
+0.03	C2	Bueno	+0.02	C2	Bueno	-0.07	F	Malas	-0.04	F	Mala
0.00	D	Medio	0.00	D	Medio						
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular						
-0.10	E2	Regular	-0.08	E2	Regular						
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo						
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo						

Fuente: Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: Mc Graw Hill, 1999.

Tabla 16: Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos básicos.

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS BÁSICOS PARA CALCULAR EL TIEMPO ESTÁNDAR DEL REPARTO DE CARGO EN SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L., 2015			H	M
1.- SUPLEMENTOS CONSTANTES				
SUPLEMENTOS POR NECESIDADES PERSONALES			5	7
SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA			4	4
SUMA			9	11
2.- CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA				
A. SUPLEMENTO POR TRABAJAR DE PIE				
			2	4
B. SUPLEMENTO POR POSTURA ANORMAL				
I. LIGERAMENTE INCOMODA			0	1
II. INCOMODA (INCLINADO)			2	3
III. MUY INCOMODA (ECHADO, Estirado)			7	7
C. LEVANTAMIENTO DE PESO Y USO DE FUERZA (TIRAR, EMPUJAR)				
2.5.....			0	1
5.0.....			1	2
7.5.....			2	3
10.....			3	4
12.5.....			4	6
15.....			6	9
17.5.....			8	12
20.....			10	15
22.5.....			12	18
25.....			14	-
30.....			19	-
40.....			33	-
50.....			58	-
D. DENSIDAD DE LA LUZ				
I. LIGERAMENTE POR DEBAJO DE LO RECOMENDADO			0	0
II. BASTANTE POR DEBAJO			2	2
III. ABSOLUTAMENTE INSUFICIENTE			5	5
E. CALIDAD DEL AIRE				
I. BUENA VENTILACION O AIRE LIBRE			0	0
II. MALA VENTILACION SIN EMANACIONES			5	5
TOXICAS Y NOCIVAS				
III. PROXIMIDAD DE HORNOS, ESCALERAS, ETC.			5-15	5-15
F. TENSION VISUAL				
I. TRABAJOS DE CIERTA PRECISION			0	0
II. TRABAJOS DE PRECISION FATIGOSOS			2	2
III. TRABAJOS DE GRAN PRECISION O MUY FATIGOSOS			5	5
G. TENSION AUDITIVA				
I. SONIDO CONTINUO			0	0
II. INTERMITENTE Y FUERTE			2	2
III. INTERMITENTE Y MUY FUERTE			5	5
IV. ESTRIDENTE Y FUERTE			5	5
H. TENSION MENTAL				
I. PROCESO BASTANTE COMPLEJO			1	1
II. PROCESO COMPLEJO O ATENCION MUY DIVIDIDA			4	4
III. MUY COMPLEJO			8	8
I. MONOTONIA MENTAL				
TRABAJO ALGO MONOTONO			0	0
TRABAJO BASTANTE MONOTONO			1	1
TRABAJO MUY MONOTONO			4	4
J. MONOTONIA FISICA				
I. TRABAJO ALGO ABURRIDO			0	0
II. TRABAJO ABURRIDO			2	2
I. III. TRABAJO MUY ABURRIDO			5	2

Fuente: Introducción al estudio del trabajo O.I.T.

Tabla 17: Distancias en puntos de recojo de RFF (km).

Dij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	0,00	0,35	1,37	1,04	0,69	1,70	2,72	1,37	1,02	2,03	3,05	4,07	1,35	2,37	3,38	4,40	3,32	2,70	3,72	4,73	3,70	3,03	4,05	5,07	3,85	3,37	5,40	4,14	3,70	4,72	4,47	4,03
2	0,35	0,00	1,02	0,69	0,33	1,35	2,36	1,02	0,67	1,68	2,70	3,71	1,00	2,01	3,03	4,05	2,97	2,35	3,36	4,38	3,34	2,68	3,70	4,71	3,50	3,01	5,05	3,79	3,35	4,36	4,12	3,68
3	1,37	1,02	0,00	1,70	1,35	0,33	1,35	2,03	1,68	0,67	1,68	2,70	2,01	1,00	2,01	3,03	1,95	1,33	2,35	3,36	2,59	1,67	2,68	3,70	2,48	2,00	4,03	2,77	2,33	3,35	3,11	2,66
4	1,04	0,69	1,70	0,00	0,35	1,37	2,38	1,04	0,69	1,70	2,72	3,73	1,02	2,03	3,05	4,07	2,99	2,37	3,38	4,40	3,36	2,70	3,72	4,73	3,52	3,03	5,07	3,81	3,37	4,38	4,14	3,70
5	0,69	0,33	1,35	0,35	0,00	1,02	2,03	0,69	0,33	1,35	2,36	3,38	0,67	1,68	2,70	3,71	2,63	2,01	3,03	4,05	3,01	2,35	3,36	4,38	3,17	2,68	4,71	3,46	3,01	4,03	3,79	3,35
6	1,70	1,35	0,33	1,37	1,02	0,00	1,02	1,70	1,35	0,33	1,35	2,36	1,68	0,67	1,68	2,70	1,62	1,00	2,01	3,03	1,99	1,33	2,35	3,36	2,15	1,67	3,70	2,44	2,00	3,01	2,77	2,33
7	2,72	2,36	1,35	2,38	2,03	1,02	0,00	2,72	2,36	1,35	0,33	1,35	2,70	1,68	0,67	1,68	2,63	2,01	1,00	2,01	3,01	2,35	1,33	2,35	3,17	2,68	2,68	3,46	3,01	4,03	3,79	3,35
8	1,37	1,02	2,03	1,04	0,69	1,70	2,72	0,00	0,35	1,37	2,38	3,40	0,69	1,70	2,72	3,73	2,65	2,03	3,05	4,07	3,03	2,37	3,38	4,40	3,19	2,70	4,73	3,48	3,03	4,05	3,81	3,37
9	1,02	0,67	1,68	0,69	0,33	1,35	2,36	0,35	0,00	1,02	2,03	3,05	0,33	1,35	2,36	3,38	2,30	1,68	2,70	3,71	2,68	2,01	3,03	4,05	2,83	2,35	4,38	3,12	2,68	3,70	3,46	3,01
10	2,03	1,68	0,67	1,70	1,35	0,33	1,35	1,37	1,02	0,00	1,02	2,03	1,35	0,33	1,35	2,36	1,28	0,67	1,68	2,70	1,66	1,00	2,01	3,03	1,82	1,33	3,36	2,11	1,67	2,68	2,44	2,00
11	3,05	2,70	1,68	2,72	2,36	1,35	0,33	2,38	2,03	1,02	0,00	1,02	2,36	1,35	0,33	1,35	2,30	1,68	0,67	1,68	2,68	2,01	1,00	2,01	2,83	2,35	2,35	3,12	2,68	3,70	3,46	3,01
12	4,07	3,71	2,70	3,73	3,38	2,36	1,35	3,40	3,05	2,03	1,02	0,00	3,38	2,36	1,35	0,33	3,32	2,70	1,68	0,67	3,69	3,03	2,01	1,00	3,85	3,36	2,30	4,14	3,70	4,71	4,47	4,03
13	1,35	1,00	2,01	1,02	0,67	1,68	2,70	0,69	0,33	1,35	2,36	3,38	0,00	1,02	2,03	3,05	1,97	1,35	2,36	3,38	2,34	1,68	2,70	3,71	2,50	2,01	4,05	2,79	2,35	3,36	3,12	2,68
14	2,37	2,01	1,00	2,03	1,68	0,67	1,68	1,70	1,35	0,33	1,35	2,36	1,02	0,00	1,02	2,03	0,95	0,33	1,35	2,36	1,33	0,67	1,68	2,70	1,48	1,00	3,03	1,77	1,33	2,35	2,11	1,67
15	3,38	3,03	2,01	3,05	2,70	1,68	0,67	2,72	2,36	1,35	0,33	1,35	2,03	1,02	0,00	1,02	1,97	1,35	0,33	1,35	2,34	1,68	0,67	1,68	2,50	2,01	3,43	2,79	2,35	3,36	3,12	2,68
16	4,40	4,05	3,03	4,07	3,71	2,70	1,68	3,73	3,38	2,36	1,35	0,33	3,05	2,03	1,02	0,00	2,98	2,36	1,35	0,33	3,36	2,70	1,68	0,67	3,52	3,03	1,97	3,80	3,36	4,38	4,14	3,70
17	3,32	2,97	1,95	2,99	2,63	1,62	2,63	2,65	2,30	1,28	2,30	3,32	1,97	0,95	1,97	2,98	0,00	0,62	1,63	2,65	1,61	0,95	1,97	2,98	1,77	1,28	4,29	2,06	1,62	2,63	2,39	1,95
18	2,70	2,35	1,33	2,37	2,01	1,00	2,01	2,03	1,68	0,67	1,68	2,70	1,35	0,33	1,35	2,36	0,62	0,00	1,02	2,03	1,00	0,33	1,35	2,36	1,15	0,67	3,67	1,44	1,00	2,01	1,77	1,33
19	3,72	3,36	2,35	3,38	3,03	2,01	1,00	3,05	2,70	1,68	0,67	1,68	2,36	1,35	0,33	1,35	1,63	1,02	0,00	1,02	2,01	1,35	0,33	1,35	2,17	1,68	3,09	2,46	2,01	3,03	2,79	2,35
20	4,73	4,38	3,36	4,40	4,05	3,03	2,01	4,07	3,71	2,70	1,68	0,67	3,38	2,36	1,35	0,33	2,65	2,03	1,02	0,00	3,03	2,36	1,35	0,33	3,18	2,70	1,64	3,47	3,03	4,05	3,80	3,36
21	3,70	3,34	2,59	3,36	3,01	1,99	3,01	3,03	2,68	1,66	2,68	3,69	2,34	1,33	2,34	3,36	1,61	1,00	2,01	3,03	0,00	0,66	1,68	2,69	1,48	1,00	4,00	1,77	1,33	2,34	2,10	1,66
22	3,03	2,68	1,67	2,70	2,35	1,33	2,35	2,37	2,01	1,00	2,01	3,03	1,68	0,67	1,68	2,70	0,95	0,33	1,35	2,36	0,66	0,00	1,02	2,03	0,82	0,33	3,34	1,11	0,67	1,68	1,44	1,00
23	4,05	3,70	2,68	3,72	3,36	2,35	1,33	3,38	3,03	2,01	1,00	2,01	2,70	1,68	0,67	1,68	1,97	1,35	0,33	1,35	1,68	1,02	0,00	1,02	2,28	1,35	2,76	2,12	1,68	2,70	2,46	2,01
24	5,07	4,71	3,70	4,73	4,38	3,36	2,35	4,40	4,05	3,03	2,01	1,00	3,71	2,70	1,68	0,67	2,98	2,36	1,35	0,33	2,69	2,03	1,02	0,00	2,85	2,36	1,30	3,14	2,70	3,71	3,47	3,03
25	3,85	3,50	2,48	3,52	3,17	2,15	3,17	3,19	2,83	1,82	2,83	3,85	2,50	1,48	2,50	3,52	1,77	1,15	2,17	3,18	1,48	0,82	2,28	2,85	0,00	0,49	3,34	1,26	0,82	1,83	2,03	1,15
26	3,37	3,01	2,00	3,03	2,68	1,67	2,68	2,70	2,35	1,33	2,35	3,36	2,01	1,00	2,01	3,03	1,28	0,67	1,68	2,70	1,00	0,33	1,35	2,36	0,49	0,00	3,34	0,77	0,33	1,35	1,11	0,67
27	5,40	5,05	4,03	5,07	4,71	3,70	2,68	4,73	4,38	3,36	2,35	2,30	4,05	3,03	3,43	1,97	4,29	3,67	3,09	1,64	4,00	3,34	2,76	1,30	3,34	3,34	0,00	4,44	4,00	5,02	4,78	4,33
28	4,14	3,79	2,77	3,81	3,46	2,44	3,46	3,48	3,12	2,11	3,12	4,14	2,79	1,77	2,79	3,80	2,06	1,44	2,46	3,47	1,77	1,11	2,12	3,14	1,26	0,77	4,44	0,00	0,44	1,46	1,22	0,77
29	3,70	3,35	2,33	3,37	3,01	2,00	3,01	3,03	2,68	1,67	2,68	3,70	2,35	1,33	2,35	3,36	1,62	1,00	2,01	3,03	1,33	0,67	1,68	2,70	0,82	0,33	4,00	0,44	0,00	1,02	0,77	0,33
30	4,72	4,36	3,35	4,38	4,03	3,01	4,03	4,05	3,70	2,68	3,70	4,71	3,36	2,35	3,36	4,38	2,63	2,01	3,03	4,05	2,34	1,68	2,70	3,71	1,83	1,35	5,02	1,46	1,02	0,00	1,79	1,35
31	4,47	4,12	3,11	4,14	3,79	2,77	3,79	3,81	3,46	2,44	3,46	4,47	3,12	2,11	3,12	4,14	2,39	1,77	2,79	3,80	2,10	1,44	2,46	3,47	2,03	1,11	4,78	1,22	0,77	1,79	0,00	0,44
32	4,03	3,68	2,66	3,70	3,35	2,33	3,35	3,37	3,01	2,00	3,01	4,03	2,68	1,67	2,68	3,70	1,95	1,33	2,35	3,36	1,66	1,00	2,01	3,03	1,15	0,67	4,33	0,77	0,33	1,35	0,44	0,00

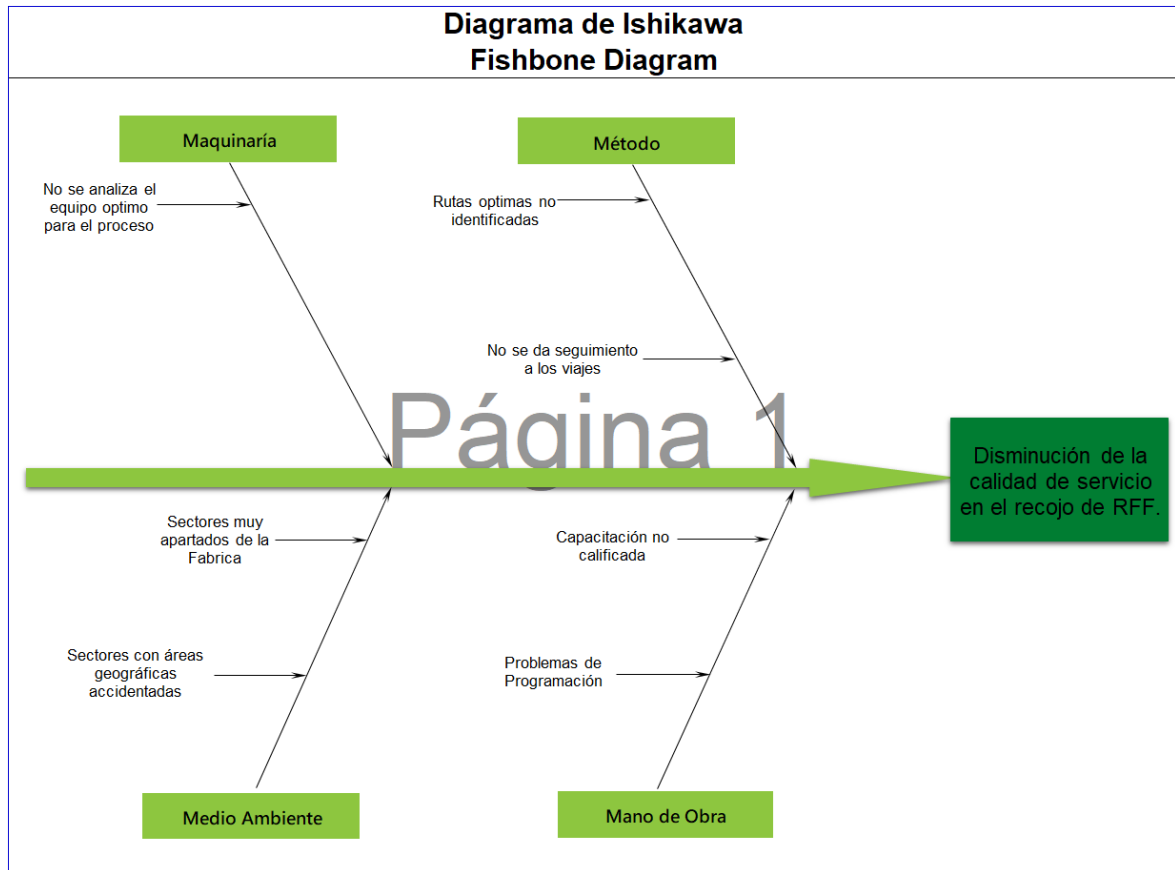
Tabla 18: Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos básicos.

CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR POR TONELADA DE CADA CLIENTE INSATISFECHO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L.								
ÍTEM	SECTOR	N° de ciclos	T. observado por ciclo (min)	T. base por ciclo (min)	T. estándar por ciclo (min)	Peso TM	Peso/Ciclo	T EST/PESO (Hr/TM)
1	SE03	2	93,55	105,72	132,15	28,7	14,33	0,15
2	SE03	2	92,61	104,65	130,82	31,0	15,48	0,14
3	SE03	5	89,90	101,59	126,99	81,1	16,22	0,13
4	SE03	4	92,67	104,71	130,89	64,6	16,14	0,14
5	SE03	4	91,72	103,65	129,56	59,6	14,89	0,15
6	SE03	4	89,02	100,59	125,74	61,8	15,44	0,14
7	SE03	2	91,72	103,65	129,56	33,6	16,78	0,13
8	SE03	5	91,78	103,71	129,64	71,8	14,36	0,15
9	SE03	5	90,84	102,65	128,31	80,8	16,15	0,13
10	SE03	3	88,13	99,58	124,48	49,1	16,35	0,13
11	SE03	4	90,84	102,65	128,31	67,6	16,89	0,13
12	SE03	3	93,54	105,71	132,13	49,4	16,48	0,13
13	SE03	5	89,95	101,64	127,05	76,1	15,21	0,14
14	SE03	2	87,24	98,58	123,23	32,7	16,33	0,13
15	SE03	5	89,95	101,64	127,05	76,3	15,25	0,14
16	SE03	4	92,66	104,70	130,88	63,6	15,89	0,14
17	SE03	4	88,00	99,44	124,30	59,1	14,78	0,14
18	SE03	3	86,35	97,58	121,97	46,0	15,34	0,13
19	SE03	5	89,06	100,64	125,80	81,3	16,25	0,13
20	SE03	5	91,77	103,70	129,62	81,8	16,36	0,13
21	SE03	4	87,23	98,57	123,21	59,1	14,78	0,14
22	SE03	5	85,46	96,57	120,72	84,2	16,84	0,12
23	SE03	4	88,17	99,63	124,54	66,4	16,59	0,13
24	SE03	5	90,88	102,70	128,37	72,4	14,48	0,15
25	SE03	2	85,87	97,03	121,29	29,2	14,59	0,14
26	SE03	5	0,21	0,24	0,30	82,3	16,45	0,00
27	SE03	3	94,36	106,63	133,28	42,8	14,25	0,16
28	SE03	5	84,87	95,90	119,87	71,8	14,36	0,14
29	SE03	4	83,69	94,57	118,21	64,0	16,01	0,12
30	SE03	3	86,40	97,63	122,04	48,8	16,25	0,13
31	SE03	4	83,98	94,89	118,62	57,6	14,39	0,14
32	SE03	5	82,80	93,56	116,96	76,8	15,35	0,13

Elaboración: Propia

El presente diagrama determino las causas que afectan al proceso de recojo de RFF mediante una Lluvia de Ideas o Torbellino de Ideas.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa de las principales fluctuaciones del proceso



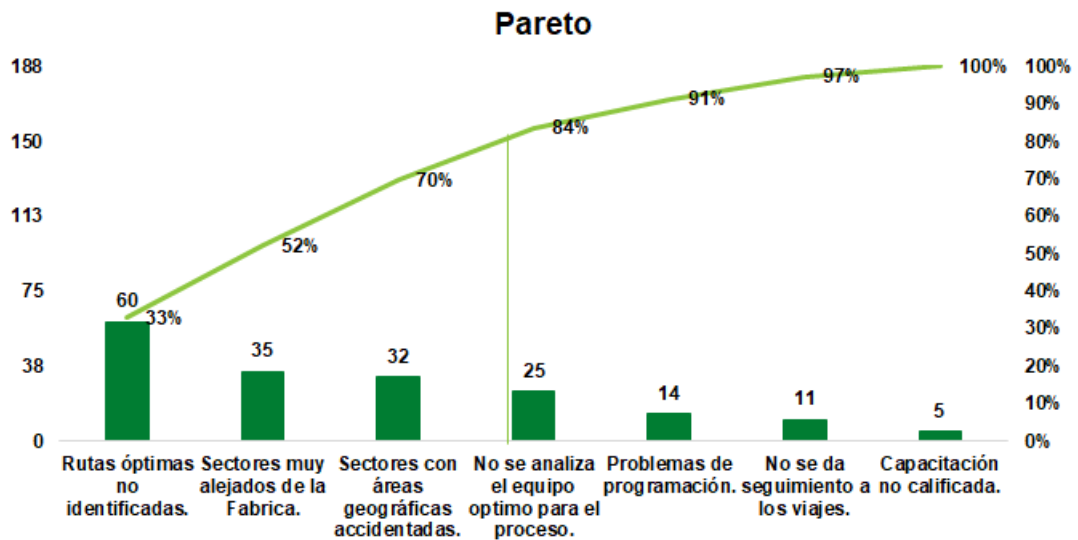
Fuente y elaboración: propia.

Figura 6: Tabla de frecuencias de las causas de la disminución de servicio en el recojo de RFF.

CAUSAS	FRECUENCIA	CAUSAS	FRECUENCIA	FRE.NORMA LIZADA	FRE.ACUMU LADA
Rutas óptimas no identificadas	60	Rutas óptimas no identificadas.	60	33%	33%
Sectores muy alejados de la Fabrica	35	Sectores muy alejados de la Fabrica.	35	19%	52%
Sectores con áreas geográficas accidentadas	32	Sectores con áreas geográficas accidentadas.	32	18%	70%
No se da seguimiento a los viajes	11	No se analiza el equipo óptimo para el proceso.	25	14%	84%
No se analiza el equipo óptimo para el proceso	25	Problemas de programación.	14	8%	91%
Problemas de programación	14	No se da seguimiento a los viajes.	11	6%	97%
Capacitación no calificada	5	Capacitación no calificada.	5	3%	100%

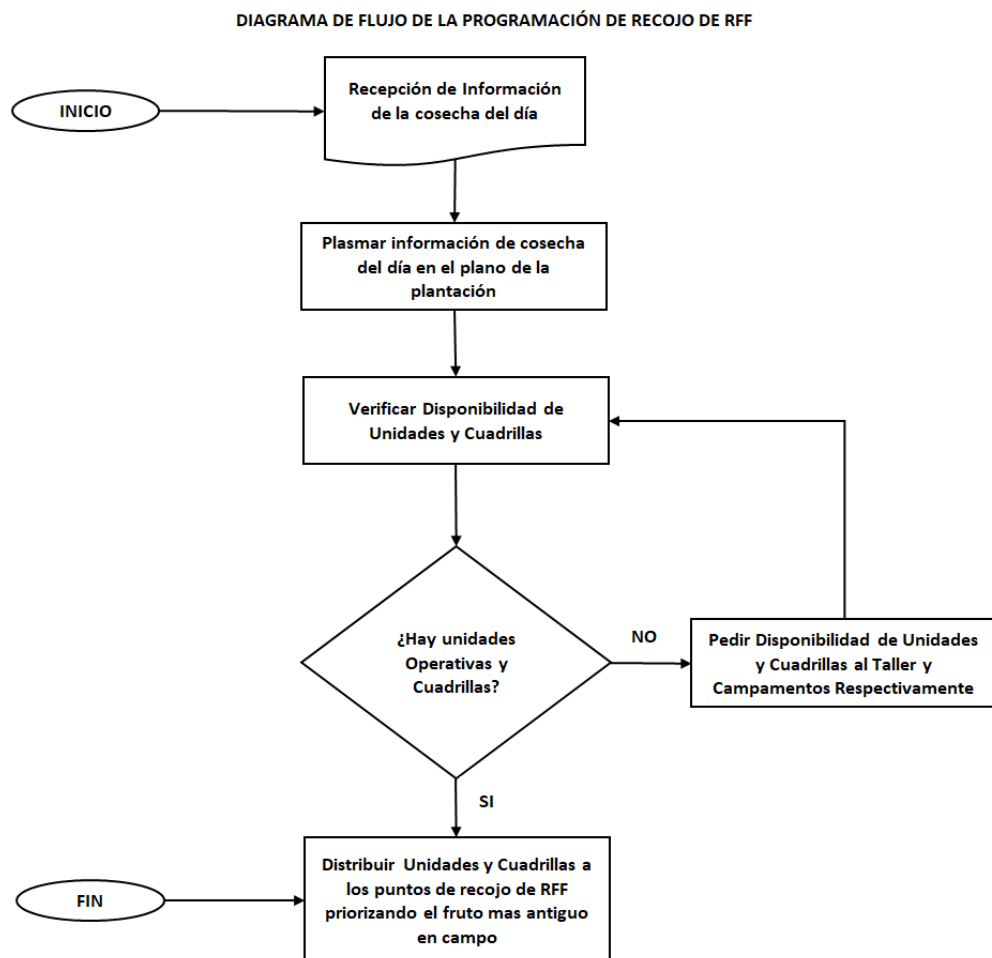
Fuente y elaboración: propia.

Figura 7: Pareto de las causas de la disminución de servicio en el recojo de RFF.



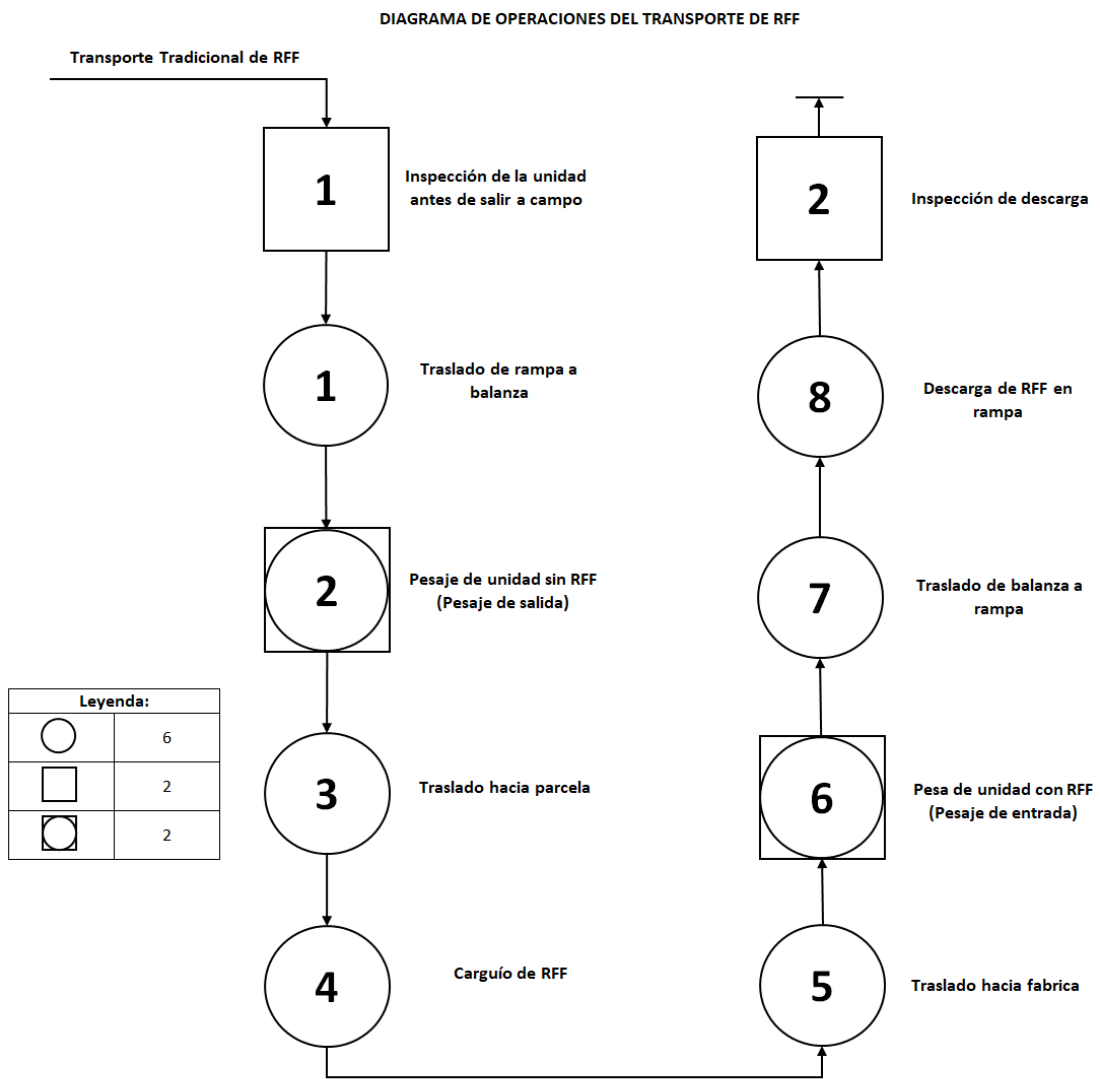
Fuente y elaboración: propia.

Figura 8: Diagrama de flujo de la programación de recojo de RFF.



Fuente y elaboración: propia.

Figura 9: Diagrama operaciones del transporte de RFF.



Fuente y elaboración: propia.

C. Otros Anexos

C 1: FORMATOS

C 1.1: FORMATO FOCUS GROUP

El presente Formato tiene el propósito de determinar los principales problemas que presenta el servicio de recojo de RFF hacia el cliente más importante de la empresa Palmas del Espino S.A, con la finalidad de conocer y ofrecer un mejor servicio con calidad y seguridad.

Para llenar este formato, previamente se realizara un Focus Group con la finalidad de determinar los principales problemas en el proceso y los participantes deberán registrarse al final de la hoja.

FOCUS GROUP		
Tema:	Problemas en el Transporte de RFF.	Fecha: 15/11/2017
<p>Sectores muy alejados de la Fabrica</p> <p>Sectores con áreas geográficas accidentadas</p> <p>Rutas óptimas no identificadas</p> <p>No se analiza el equipo optimo para el proceso</p> <p>No se da seguimiento a los viajes</p> <p>Dampers es sus últimos años de vida útil</p> <p>Indiferencia y desconocimiento sobre los costos de transporte y su impacto</p> <p>Problemas de programación</p> <p>Capacitación no calificada</p> <p>No se sigue el plan de mantenimiento</p>		
<p>PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL TRANSPORTE DE RFF</p>		
Participantes		
Nombre	DNI	CARGO
Elder Toribio	45485963	SUPERVISOR DE TRANSPORTE
Jose Liñan	71589645	SUPERVISOR DE TRANSPORTE
Alberto Herrera	41526348	SUPERVISOR DE TRANSPORTE
<p>ZAVALETA PISFIL, MANUEL PLINIO. (JEFE ATC)</p>		

Fuente y elaboración: propia.

C 1.2: FORMATO ZONIFICACIÓN

El presente formato tiene el propósito de determinar la zona más crítica de la muestra en estudio.

FORMATO PARA ZONIFICACIÓN SEGÚN CRITICIDAD					
SUPERVISOR	Jose Liñan				
DESCRIPCIÓN	SECTOR				OBSERVACIÓN
	SE01	SE02	SE03	SE04	
Rutas optimas no identificadas	x	x	x	x	Recorrido según plano
Sector muy alejado de la fabrica			x	x	La chacrita
Sectores con áreas geográficas accidentadas			x		La chacrita
SUPERVISOR	Elder Toribio				
DESCRIPCIÓN	SECTOR				OBSERVACIÓN
	SE01	SE02	SE03	SE04	
Rutas optimas no identificadas	x	x	x	x	Recorrido según plano
Sector muy alejado de la fabrica	x		x	x	La chacrita
Sectores con áreas geográficas accidentadas			x		La chacrita
SUPERVISOR	Alberto Herrera				
DESCRIPCIÓN	SECTOR				OBSERVACIÓN
	SE01	SE02	SE03	SE04	
Rutas optimas no identificadas	x	x	x	x	Recorrido según plano
Sector muy alejado de la fabrica			x	x	La chacrita
Sectores con áreas geográficas accidentadas			x		La chacrita

ZVALETA PISFIL, MANUEL PLINIO.
(JEFE ATC)

Fuente y elaboración: propia.

C 2: Formatos

C 2.1: Formulario simple de estudios para ciclo breve

ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE PARA EL RECOJO DE RRF EN LA EMPRESA PALMAS DEL ESPINO S.A, TRUJILLO - 2018						
Departamento:	Sección		Estudio N°:			
Operación:	Estudio de métodos N°:		Hoja N°: de			
			Comienzo:			
Instalación:	Núm.:		Término:			
			Tiempo transc:			
Herramientas y calibradores:			Operario:			
Producto/Pieza:	Núm.:		Ficha N°:			
Plano N°:	Material:		Observado por:			
			Fecha:			
Calidad:	Cond. De trabajo:		Comprobado:			
Nota: Dibuje plano de taller al dorso						
EI.		Tiempo observado		Prom.	V.	T.B.

Núm.	Descripción del elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total T.O.	T.O.			
Nota: V. = valoración T.O. = Tiempo Observado T.B. = Tiempo Base																

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

C 2.2: Formulario simple de estudio para ciclo breve

Fecha del estudio:		Término:		Hoja de estudio: ciclo breve										Estudio núm.							
		Comienzo:												Departamento:		Nombre de la pieza:		Tiempo del ciclo básico o Total de tiempos medios de los elementos		min	
		Tiempo transc:														Operación:				Plano núm	
				Herramientas utilizadas:		Avance:		MM/min		Tiempo del ciclo básico		min									
Máquina y núm		Tipo		Motivo del estudio		Suplementos		Personales %		Tiempo tipo por pieza		min									
Función. A autom A pie A mano				Primer estudio				Esperas %													
Material				Modificar estudio de métodos				Descansos %													
				Verif. Tiempo tipo				Varios %													
Disposición del lugar de trabajo										Descripción del método											
										Observación											

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

C 2.3: Formulario simple de estudio para ciclo breve

Fecha del estudio:		Término:		Hoja de estudio: ciclo breve										Estudio núm.:																							
		Comienzo:												Elemento núm.:		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		Nombre del operario	
		Tiempo transcurrido:																																			
																										Observado por:											
																										Aprobado por:											
																										Elementos extraños											
Ciclo núm.																										Símbolo		Descripción									
1																										A											
2																										B											
3																										C											
4																										D											
5																										E											
6																										F											
7																										G											
8																										H											
9																										I											
10																										J											
11																										K											
12																										L											
13																										M											
14																										N											
15																										O											
16																										P											
17																										Q											
18																										R											
19																										S											
20																										T											
Total																																					
Núm. de obs.																																					
Media																																					
Valoración %																																					
Tiempo básico																																					

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

C 2.4: Hoja de ruta y toma de tiempos en vehículo

HOJA DE RUTA Y TOMA DE TIEMPOS DURANTE EL RECOJO DE RFF AL PUNTO DE DESCARGA								
PALMAS DEL ESPINO S.A								
	VEHÍCULO	MODELO				FECHA		
		CAPACIDAD				N°		
		CONDUCTOR				Estibadores		
N°	DIRECCIÓN	H. INICIO	H. EMBOTELLAMIENTO		PENALIDAD POR VELOCIDAD	MOTIVO	H. LLEGADA	T. ATENCIÓN
			INICIO	FIN				
1								
2								
3								
4								

Fuente: Formato de toma de tiempo acumulativo. Estudio del trabajo.

C 2.5: Costos de reparto

COSTOS DE REPARTO DE LA EMPRESA PALMAS DEL ESPINO S.A, MARZO 2017-18					
Responsable				Fecha	
COMBUSTIBLE		MANO DE OBRA		MANTENIMIENTO	
FECHA	COSTO (S/.)	FECHA	COSTO (S/.)	FECHA	COSTO (S/.)
TOTAL		TOTAL		TOTAL	

Fuente y elaboración: propia

C 3: Formulario de problemas de ruteo de vehículo

FORMULARIO DE PROBLEMAS DE RUTEO DE VEHÍCULO (TSP)		
NOMBRE	EXPRECIÓN MATEMÁTICA	DESCRIPCIÓN
MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	<p>Variables de decisión</p> $x_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ <p>Función objetivo</p> $\text{Maximizar o Minimizar } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ <p>Restricciones</p> $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_2$ <p style="text-align: center;">...</p> $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_m$ <p>Restricción de desigualdad</p> $x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$	<p>La formulación de modelos de programación lineal se procede de la siguiente manera: la función objetivo está formada por variables de decisión ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) a las que se pretende maximizar o minimizar, las restricciones son limitaciones o requerimientos impuestos al grupo de variables de decisión permisibles y finalmente la restricción de desigualdad es el símbolo \geq significa mayor o igual que y consiste en restringir todas las variables X_j a valores no negativos.</p>
MÉTODO DE ASIGNACIÓN	<p>La función objetivo es:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \text{ para } i = 1, 2, \dots, n,$ $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n,$ <p>y</p> $x_{ij} \geq 0, \quad \text{para toda } i \text{ y } j$ <p>(x_{ij} binarias, para toda i y j)</p>	<p>El modelo matemático para el problema de asignación emplea las variables de decisión:</p> $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el individuo } i \text{ se asigna a la tarea } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$ <p>Para $i = 1, 2, \dots, n$ y $j = 1, 2, \dots, n$. Entonces cada x_{ij} es una variable binaria que representa las decisiones de si o no debe ser asignado. Siendo Z el costo de distribución. El conjunto de restricciones especifica que cada n individuos se le debe asignar n tareas; siendo c_{ij}, el costo de asignar al individuo la tarea, con la finalidad de establecer una asignación en la que el costo total sea el mínimo.</p>
PROBLEMA DEL AGENTE VIAJE (TSP)	<p>La formulación es la siguiente:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{i \neq j} c_{ij}x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i \in V, i \neq j)$ $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j \in V, j \neq i)$ $\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq S - 1 \quad (S \subset V, 2 \leq S \leq n - 2)$ $x_{ij} = 0 \text{ o } 1 \quad (i, j) \in A$	<p>La función objetivo establece que el costo total de la solución es la suma de los costos de los arcos utilizados. Las restricciones indican que la ruta debe llegar y abandonar cada nodo exactamente una vez. Finalmente, las restricciones de eliminación de sub-tours indican que todo subconjunto de nodos S debe ser abandonado al menos una vez.</p>

<p>PROBLEMA DE LOS m – AGENTES VIAJEROS (m-TSP)</p>	<p>La formulación es la siguiente:</p> $\min Z = \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $u_i - u_j + p x_{ij} \leq p - 1 \quad \forall (i,j) \in E, i \neq 0, j \neq 0$ $x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$ $u_i \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$	<p>La restricción indica que exactamente m vehículos salen del depósito y aseguran que cada cliente es un nodo intermedio en exactamente una ruta. Finalmente, se eliminan los sub-tours y se impone que en cada ruta no haya más de p clientes. En el caso que $p = n$ (es decir, cuando la cantidad de clientes por ruta no está acotada) el m-TSP puede formularse como un TSP con m copias del depósito tales que la distancia entre ellas es infinita. Las soluciones a ese TSP no utilizarán arcos que conectan dos copias del depósito y por lo tanto, pueden ser interpretadas como soluciones del m-TSP.</p>
<p>PROBLEMA CON CAPACIDADES (VRP o CVRP)</p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\min Z = \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m$ $\sum_{i \in \Delta^-(0)} x_{i0} = m$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in S, j \in \Delta^+(i) \setminus S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subset V \setminus \{0\}$ $m \geq 1$ $x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$ <p>Determinar el valor de $r(S)$ requiere la resolución del siguiente problema:</p> $r(S) = \min \sum_{k \in K} y_k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{i \in S} d_i x_{ik} \leq C y_k \quad \forall k \in K$ $\sum_{k \in K} x_{ik} = 1 \quad \forall i \in S$ $x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in S, \forall k \in K$ $y_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K$	<p>La función objetivo es el costo total de la solución. Las restricciones indican que m es la cantidad de vehículos utilizados en la solución y que todos los vehículos que parten del depósito deben regresar. Las restricciones aseguran que todo cliente es un nodo intermedio de alguna ruta y la última restricción actúa como restricción de eliminación de sub-tours y a la vez impone que la demanda total de los clientes visitados por un vehículo no puede superar la capacidad C. (ANEXO A) Donde k es un conjunto con suficientes vehículos para satisfacer la demanda. Este problema, según Martello (1990) es conocido como <i>Bin Packing Problem</i> (BPP). Una cota inferior para la cantidad de vehículos está dada por el valor óptimo de la relajación lineal del BPP, que es $\lceil \frac{d(S)}{C} \rceil$. La formulación es válida incluso cuando se sustituye $r(S)$ por la cota inferior $\lceil \frac{d(S)}{C} \rceil$.</p>

<p>PROBLEMA CON FLOTO HETEROGÉNEA (FSMVRP)</p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{k \in T} f^k \sum_{j \in \Delta+(0)} x_{0j}^k + \sum_{k \in T} \sum_{(i,j) \in E} c_{ij}^k x_{ij}^k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{k \in T} \sum_{i \in \Delta+(j)} x_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ij}^k - \sum_{j \in \Delta-(i)} x_{ij}^k = 0 \quad \forall i \in V, \forall k \in T$ $r_0 = 0$ $r_j - r_i \geq (d_j + q^{ T }) \sum_{k \in T} x_{ij}^k - q^{ T } \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \forall j \in \Delta+(i)$ $r_j \leq \sum_{k \in T} \sum_{i \in \Delta-(j)} q_k x_{ij}^k \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in E, \forall k \in T$ $r_j \geq 0 \quad \forall j \in V$	<p>En la siguiente formulación de flujo de vehículos de tres índices se agrega un índice para discriminar entre los tipos de vehículos. Las variables binarias x_{ij}^k indican si el arco (i, j) es utilizado por el vehículo k y las variables r_i positivas indican la carga acumulada en la ruta correspondiente hasta el nodo i (inclusive). La función objetivo mide el costo total de la solución incluyendo costos fijos y variables. Las restricciones establecen que todo cliente debe ser visitado por algún vehículo, en la siguiente restricción se indica que si un vehículo de tipo k visita al nodo i, entonces un vehículo del mismo tipo debe abandonarlo. Las penúltimas restricciones fijan los valores de las variables r_i y actúan como restricciones de eliminación de subtours, mientras que la capacidad de los vehículos se impone en la última restricción.</p>
<p>PROBLEMA CON VENTANAS DE TIEMPO (VRPTW)</p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in R} c_{ij}^k x_{ij}^k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta-(i)} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}$ $\sum_{j \in \Delta+(0)} x_{0j}^k = 1 \quad \forall k \in K$ $\sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ij}^k - \sum_{j \in \Delta-(i)} x_{ij}^k = 0 \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{0, n+1\}$ $\sum_{i \in V \setminus \{0, n+1\}} d_i \sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ij}^k \leq q^k \quad \forall k \in K$ $y_j^k - y_i^k \geq s_i + t_{ij}^k - M(1 - x_{ij}^k) \quad \forall i, j \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$ $e_i \leq y_i^k \leq l_i \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$ $x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in E, k \in K$ $y_i^k \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$	<p>Las variables x_{ij}^k indican si el arco (i, j) es recorrido por el vehículo k. Las variables y_i^k indican la hora de arribo al cliente i cuando es visitado por el vehículo k (si el cliente no es visitado por dicho vehículo el valor de la variable no tiene significado). La función objetivo es el costo total de las rutas. La primera restricción indica que todos los clientes deben ser visitados. Las dos siguientes determinan que cada vehículo $k \in K$ recorre un camino de 0 a $n+1$. La capacidad de cada vehículo es impuesta en la cuarta, siendo M una constante lo suficientemente grande, la siguiente restricción asegura que si un vehículo k viaja de i a j, no puede llegar a j antes que $y_i + s_i + t_{ij}^k$, y actúan además como restricciones de eliminación de sub-tours. Finalmente, los límites de las ventanas de tiempo son impuestos en la última restricción.</p>
<p>ALGORITMO DE AHORROS</p>	<p>Si en una solución dos rutas diferentes $(0, \dots, i, 0)$ y $(0, j, \dots, 0)$ pueden ser combinadas formando una nueva ruta $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$, el ahorro (en distancia) obtenido por dicha unión es</p> $s_{ij} = c_{i0} - c_{ij} + c_{0j}$	<p>Los pasos a seguir son:</p> <p>Paso 1 (inicialización). Para cada cliente i construir la ruta $(0, i, 0)$.</p> <p>Paso 2 (cálculo de ahorros). Calcular s_{ij} para cada par de clientes i y j.</p> <p>Paso 3 (mejor unión). Sea $r_{i^*j^*} = \max s_{ij}$, donde el máximo se toma entre los ahorros que no han sido considerados aún. Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente. Si i^* es el último cliente de r_{i^*} y j^* es el primer cliente de r_{j^*} y la combinación de r_{i^*} y r_{j^*} es factible, combinarlas.</p> <p>Paso 4 Eliminar si s_{i^*} y s_{j^*} de futuras consideraciones. Si quedan ahorros por examinar ir a 3, si no terminar.</p>

<p>ALGORITMO DE PÉTALOS</p>	<p>Función objetivo:</p> $\min Z \sum_{k \in R} a_{ik} x_k = 1$ <p>Sujeto a</p> $\sum_{k \in R} a_{ik} x_k = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in S$	<p>Donde a_{ik} vale 1 si el cliente es visitado por la ruta r_k y 0 si no y donde c_k es el costo de la ruta r_k. La variable x_k indica si la ruta r_k es seleccionada o no en la solución final. Esta formulación se debe a Balinski y Quandt (1964). En el caso extremo de que R contenga todas las posibles rutas factibles, solucionar el SPP es equivalente a resolver el problema en forma exacta. Como la cantidad de rutas factibles es, en el caso general, exponencial en la cantidad de clientes, se suele generar solamente un subconjunto formado por "buenas" rutas.</p> <p>Cada columna del SPP representa una ruta de R. Cuando en toda columna los ceros aparecen de forma consecutiva, el problema verifica la propiedad de Columnas Circulares y el SPP correspondiente puede ser resuelto en tiempo polinomial. Trasladada al problema la propiedad establece que, para determinado ordenamiento de los clientes del problema, el conjunto de clientes visitado por cada ruta forma un intervalo (que en algunos casos tiene forma de pétalo). Diversas técnicas han sido propuestas para generar "buenos" conjuntos de rutas que verifiquen la propiedad llamadas 1-pétalos y 2-pétalos.</p>
<p>RUTEAR PRIMERO – ASIGNAR DESPUÉS</p>	<p>Cada arco (v_i, v_j) se pondera con el costo de la ruta $(0, v_{i+1}, \dots, v_j, 0)$, es decir:</p> $\omega(v_i, v_j) = c_{0, v_{i+1}} + c_{v_j, 0} + \sum_{k=i+1}^{j-1} c_{v_k, v_{k+1}}$	<p>Dada $r = (0, v_1, \dots, v_n, 0)$, la solución del TSP obtenida en la primera fase, se determina la mejor partición de r que respete la capacidad del vehículo. Este problema se puede formular como el de hallar un camino mínimo en un grafo dirigido y acíclico. Para ello, se construye un grafo $G = (X, V, W)$ donde $X = \{0, v_1, \dots, v_n\}$. Los arcos del G conectan todo par de clientes v_i y v_j con $i < j$ y tales que la demanda total de los clientes v_{i+1}, \dots, v_j no supera la capacidad del vehículo: $V = \{(v_i, v_j) \mid i < j, \sum_{k=i+1}^j d_{v_k} \leq Q\}$.</p> <p>Un arco (v_i, v_j) representa la ruta $(0, v_{i+1}, \dots, v_j, 0)$. Cada camino de 0 a v_n en G representa una posible partición de la ruta r en rutas que respetan las restricciones de demanda. Por lo tanto, el camino de costo mínimo entre 0 y v_n representa la partición de costo mínimo de la ruta original en rutas que respetan la restricción de capacidad.</p>

Fuente: Varios Autores

km	=SI(D6="volver",SUMA(\$E10:\$E11))	=SI(E5>0,D2+F3,SI(E5+G5=0,SI(E5=0,SI(F6="continuar",SI(F6="volver",SUMA(\$E10:\$E11))))	=SI(G5>0,D2+F3+H3,SI(E5+G5=0,SI(E5=0,SI(F6="continuar",SI(F6="volver",SUMA(\$E10:\$E11))))	=SUMA(D2:M2)
Capacidad disponible	=A2	=SI(D6="continuar",C4-	=SI(F6="continuar",E4-	=SI(H6="continuar",G4-
tn a Recoger	=abajohaciaarri	=abajohaciaarri	=abajohaciaarri	
tn que quedan por recoger	=SI(C4>=C5,0,C5-SI(C6=0,"continuar",1))	=SI(E4>=E5,0,E5-SI(E6=0,"continuar",1))	=SI(G4>=G5,0,G5-SI(G6=0,"continuar",1))	

1	LO2b	LO3b	LO4b	LO5b	
km	=SI(D14="volver",SUMA(\$E12:\$E13))	=SI(F14="volver",SUMA(\$E14:\$E15))	=SI(H14="volver",SUMA(\$E16:\$E17))	=SI(J14="volver",SUMA(\$E18:\$E19))	=SUMA(D10:M10)
Capacidad disponible	=SI(D6="volver",MIN(E4:1))	=SI(D14="volver",SA\$2-C1	=SI(F14="volver",SA\$2-E1	=SI(H14="volver",SA\$2-G1	
tn a Recoger	=abajohaciaarri	=abajohaciaarri	=abajohaciaarri	=abajohaciaarri	
tn que quedan por recoger	=SI(C12>=C13,0,C13-SI(C14=0,"continuar",1))	=SI(E12>=E13,0,E13-SI(E14=0,"continuar",1))	=SI(G12>=G13,0,G13-SI(G14=0,"continuar",1))	=SI(I12>=I13,0,I13-SI(I14=0,"continuar",1))	

1	LO2a	LO3a	LO4a	LO5a	
km	=SI(C21=0,SUMA(B17:B58))	=SI(E20=0,SI(F21="continuar",1))	=SI(G20=0,SI(H21="continuar",1))	=SI(I20=0,SI(J21="continuar",1))	=SUMA(D17:M17)
Capacidad disponible	=SI(D14="volver",MIN(E1:1))	=SI(D21="volver",SA\$2-C2	=SI(F21="volver",SA\$2-E2	=SI(H21="volver",SA\$2-G2	=SI(L21="volver",SA\$2-K2
tn a Recoger	=abajohaciaarriba14.5I21	=abajohaciaarriba14.5I22	=abajohaciaarriba14.5I23	=abajohaciaarriba14.5I24	=abajohaciaarriba14.5I25
tn que quedan por recoger	=SI(C19>=C20,0,C20-SI(C21=0,"continuar",1))	=SI(E19>=E20,0,E20-SI(E21=0,"continuar",1))	=SI(G19>=G20,0,G20-SI(G21=0,"continuar",1))	=SI(I19>=I20,0,I20-SI(I21=0,"continuar",1))	=SI(K19>=K20,0,K20-SI(K21=0,"continuar",1))

1	K03b	K03c	K04c	K05c	K06c	
km		=SI(E27=0,SI(F28="continuar",1))	=SI(G27=0,SI(H28="continuar",1))	=SI(I27=0,SI(J28="continuar",1))	=SI(K27=0,SI(L28="continuar",1))	=SUMA(D24:M24)
Capacidad disponible		=SI(D21="volver",MIN(E1:1))	=SI(F28="volver",SA\$2-E2	=SI(H28="volver",SA\$2-G2	=SI(J28="volver",SA\$2-I28	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I27	=abajohaciaarriba14.5I28	=abajohaciaarriba14.5I29	=abajohaciaarriba14.5I30	
tn que quedan por recoger		=SI(E26>=E27,0,E27-SI(E28=0,"continuar",1))	=SI(G26>=G27,0,G27-SI(G28=0,"continuar",1))	=SI(I26>=I27,0,I27-SI(I28=0,"continuar",1))	=SI(K26>=K27,0,K27-SI(K28=0,"continuar",1))	

1	K03b	K04b	K05b	K06b		
km		=SI(E34=0,SI(F35="continuar",1))	=SI(G34=0,SI(H35="continuar",1))	=SI(I34=0,SI(J35="continuar",1))	=SI(K34=0,SI(L35="continuar",1))	=SUMA(D31:M31)
Capacidad disponible		=SI(F28="volver",MIN(G2:1))	=SI(F35="volver",SA\$2-E3	=SI(H35="volver",SA\$2-G3	=SI(J35="volver",SA\$2-I35	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I31	=abajohaciaarriba14.5I32	=abajohaciaarriba14.5I33	=abajohaciaarriba14.5I34	
tn que quedan por recoger		=SI(E33>=E34,0,E34-SI(E35=0,"continuar",1))	=SI(G33>=G34,0,G34-SI(G35=0,"continuar",1))	=SI(I33>=I34,0,I34-SI(I35=0,"continuar",1))	=SI(K33>=K34,0,K34-SI(K35=0,"continuar",1))	

1	K03a	K04a	K05a	K06a		
km		=SI(E41=0,SI(F42="continuar",1))	=SI(G41=0,SI(H42="continuar",1))	=SI(I41=0,SI(J42="continuar",1))	=SI(K41=0,SI(L42="continuar",1))	=SUMA(D38:M38)
Capacidad disponible		=SI(F35="volver",MIN(G3:1))	=SI(F42="volver",SA\$2-E4	=SI(H42="volver",SA\$2-G4	=SI(J42="volver",SA\$2-I42	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I35	=abajohaciaarriba14.5I36	=abajohaciaarriba14.5I37	=abajohaciaarriba14.5I38	
tn que quedan por recoger		=SI(E40>=E41,0,E41-SI(E42=0,"continuar",1))	=SI(G40>=G41,0,G41-SI(G42=0,"continuar",1))	=SI(I40>=I41,0,I41-SI(I42=0,"continuar",1))	=SI(K40>=K41,0,K41-SI(K42=0,"continuar",1))	

1	JO3c	JO4c	JO5c		
km		=SI(E48=0,SI(F49="continuar",1))	=SI(G48=0,SI(H49="continuar",1))	=SI(I48=0,SI(J49="continuar",1))	=SUMA(D45:M45)
Capacidad disponible		=SI(F42="volver",MIN(G4:1))	=SI(F49="volver",SA\$2-E4	=SI(H49="volver",SA\$2-G4	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I39	=abajohaciaarriba14.5I40	=abajohaciaarriba14.5I41	
tn que quedan por recoger		=SI(E47>=E48,0,E48-SI(E49=0,"continuar",1))	=SI(G47>=G48,0,G48-SI(G49=0,"continuar",1))	=SI(I47>=I48,0,I48-SI(I49=0,"continuar",1))	

1	JO3b	JO4b	JO5b		
km		=SI(E55=0,SI(F56="continuar",1))	=SI(G55=0,SI(H56="continuar",1))	=SI(I55=0,SI(J56="continuar",1))	=SUMA(D52:M52)
Capacidad disponible		=SI(F49="volver",MIN(G4:1))	=SI(F56="volver",SA\$2-E5	=SI(H56="volver",SA\$2-G5	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I42	=abajohaciaarriba14.5I43	=abajohaciaarriba14.5I44	
tn que quedan por recoger		=SI(E54>=E55,0,E55-SI(E56=0,"continuar",1))	=SI(G54>=G55,0,G55-SI(G56=0,"continuar",1))	=SI(I54>=I55,0,I55-SI(I56=0,"continuar",1))	

1	JO3a	JO4a	JO5a		
km		=SI(E62=0,SI(F63="continuar",1))	=SI(G62=0,SI(H63="continuar",1))	=SI(I62=0,SI(J63="continuar",1))	=SUMA(D59:M59)
Capacidad disponible		=SI(F56="volver",MIN(G5:1))	=SI(F63="volver",SA\$2-E6	=SI(H63="volver",SA\$2-G6	
tn a Recoger		=abajohaciaarriba14.5I45	=abajohaciaarriba14.5I46	=abajohaciaarriba14.5I47	
tn que quedan por recoger		=SI(E61>=E62,0,E62-SI(E63=0,"continuar",1))	=SI(G61>=G62,0,G62-SI(G63=0,"continuar",1))	=SI(I61>=I62,0,I62-SI(I63=0,"continuar",1))	

km	viajes
=SUMA(O3:O59)	=CONTAR.SI(B2:M64,"vol")

km	=SI(C5>0,D2,SI(E5+G5=0,0))	=SI(E5>0,D2+F3,SI(E5+G5=0,0))	=SI(G5>0,D2+F3+H3,SI(E5+G5=0,0))	=SI(H5>0,D2+F3+H3+I3,SI(E5+G5=0,0))	=SUMA(D2:M2)	viajes =CONTAR.SI(B2:M64,"volver")
Capacidad disponible	=SI(D6="volver",MIN(C1,1))	=SI(D6="continuar",C4-C5,\$A\$2-C6)	=SI(F6="continuar",E4-I)	=SI(H6="continuar",G4-K)		
tn a Recoger	0	10	6			
tn que quedan por recoger	=SI(C4>=C5,0,C5)	=SI(E4>=E5,0,E5-E4)	=SI(G4>=G5,0,G5-G4)	=SI(I4>=I5,0,I5-I4)		
1						
km	=SI(D14="volver",SUMA(\$B\$11:\$B\$58))	=SI(F14="volver",SUMA(\$B\$11:\$B\$57),0)	=SI(H14="volver",SUMA(\$B\$11:\$B\$56),0)	=SI(J14="volver",SUMA(\$B\$11:\$B\$55),0)	=SUMA(D10:M10)	
Capacidad disponible	=SI(D21="volver",MIN(E1-SI(C13=0,"no recoger"),"re",SI(D14="volver",1)))	=SI(F21="volver",MIN(G1-SI(E13=0,"no recoger"),"re",SI(F14="volver",1)))	=SI(H21="volver",MIN(I1-SI(H13=0,"no recoger"),"re",SI(H14="volver",1)))	=SI(J21="volver",MIN(K1-SI(J13=0,"no recoger"),"re",SI(J14="volver",1)))		
tn a Recoger	1	1	2	4		
tn que quedan por recoger	=SI(C12>=C13,0,C13)	=SI(E12>=E13,0,E13-E12)	=SI(G12>=G13,0,G13-G12)	=SI(I12>=I13,0,I13-I12)		
1						
km	=SI(C21=0,SUMA(B17:B58))	=SI(E21=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(G21=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(I21=0,SUMA(B17:B55),0)	=SI(K21=0,SUMA(B17:B54),0)	=SUMA(D17:M17)
Capacidad disponible	=SI(L28="continuar",K26-I-SI(C20=0,"no recoger"),"re",SI(D21="volver",1))	=SI(F28="volver",MIN(G2-SI(E21=0,"no recoger"),"re",SI(F21="volver",1)))	=SI(H28="volver",MIN(I2-SI(H21=0,"no recoger"),"re",SI(H21="volver",1)))	=SI(J28="volver",MIN(K2-SI(J21=0,"no recoger"),"re",SI(J21="volver",1)))	=SI(L21="volver",MIN(M2-SI(L21="volver",1)))	
tn a Recoger	9	5	9	5	3	0
tn que quedan por recoger	=SI(C19>=C20,0,C20)	=SI(E19>=E20,0,E20-E19)	=SI(G19>=G20,0,G20-G19)	=SI(I19>=I20,0,I20-I19)	=SI(K19>=K20,0,K20-K19)	=SI(M19>=M20,0,M20-M19)
1						
km		=SI(E27=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G27=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I27=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K27=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D24:M24)
Capacidad disponible	=SI(L35="continuar",K33+K34,\$A\$2-K35)	=SI(E27=0,"no recoger"),"re",SI(F28="volver",1))	=SI(G27=0,"no recoger"),"re",SI(H28="volver",1))	=SI(I27=0,"no recoger"),"re",SI(J28="volver",1))	=SI(K27=0,"no recoger"),"re",SI(L28="volver",1))	
tn a Recoger	3	13	7	14	0	2
tn que quedan por recoger	=SI(E26>=E27,0,E27-E26)	=SI(G26>=G27,0,G27-G26)	=SI(I26>=I27,0,I27-I26)	=SI(K26>=K27,0,K27-K26)		
1						
km		=SI(E34=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G34=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I34=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K34=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D31:M31)
Capacidad disponible	=SI(L42="continuar",K40+K41,\$A\$2-K42)	=SI(E34=0,"no recoger"),"re",SI(F35="volver",1))	=SI(G34=0,"no recoger"),"re",SI(H35="volver",1))	=SI(I34=0,"no recoger"),"re",SI(J35="volver",1))	=SI(K34=0,"no recoger"),"re",SI(L42="continuar",1))	
tn a Recoger	8	17	9	18	3	20
tn que quedan por recoger	=SI(E33>=E34,0,E34-E33)	=SI(G33>=G34,0,G34-G33)	=SI(I33>=I34,0,I34-I33)	=SI(K33>=K34,0,K34-K33)		
1						
km		=SI(E41=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G41=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I41=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K41=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D38:M38)
Capacidad disponible	=SI(L49="continuar",I47+H48,\$A\$2-I49)	=SI(E41=0,"no recoger"),"re",SI(F42="volver",1))	=SI(G41=0,"no recoger"),"re",SI(H42="volver",1))	=SI(I41=0,"no recoger"),"re",SI(J42="volver",1))	=SI(K41=0,"no recoger"),"re",SI(L49="continuar",1))	
tn a Recoger	2	21	0	22	0	23
tn que quedan por recoger	=SI(E40>=E41,0,E41-E40)	=SI(G40>=G41,0,G41-G40)	=SI(I40>=I41,0,I41-I40)	=SI(K40>=K41,0,K41-K40)		
1						
km		=SI(E48=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G48=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I48=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K48=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D45:M45)
Capacidad disponible	=SI(J56="continuar",I54+I55,\$A\$2-I56)	=SI(E48=0,"no recoger"),"re",SI(F49="volver",1))	=SI(G48=0,"no recoger"),"re",SI(H49="volver",1))	=SI(I48=0,"no recoger"),"re",SI(J56="continuar",1))	=SI(K48=0,"no recoger"),"re",SI(L54="continuar",1))	
tn a Recoger	1	25	2	26	1	27
tn que quedan por recoger	=SI(E47>=E48,0,E48-E47)	=SI(G47>=G48,0,G48-G47)	=SI(I47>=I48,0,I48-I47)	=SI(K47>=K48,0,K48-K47)		
1						
km		=SI(E55=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G55=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I55=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K55=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D52:M52)
Capacidad disponible	=SI(J63="continuar",I61+I62,\$A\$2-I63)	=SI(E55=0,"no recoger"),"re",SI(F56="volver",1))	=SI(G55=0,"no recoger"),"re",SI(H56="volver",1))	=SI(I55=0,"no recoger"),"re",SI(J63="continuar",1))	=SI(K55=0,"no recoger"),"re",SI(L61="continuar",1))	
tn a Recoger	5	28	4	29	3	30
tn que quedan por recoger	=SI(E54>=E55,0,E55-E54)	=SI(G54>=G55,0,G55-G54)	=SI(I54>=I55,0,I55-I54)	=SI(K54>=K55,0,K55-K54)		
1						
km		=SI(E62=0,SUMA(B17:B58))	=SI(G62=0,SUMA(B17:B57),0)	=SI(I62=0,SUMA(B17:B56),0)	=SI(K62=0,SUMA(B17:B55),0)	=SUMA(D59:M59)
Capacidad disponible	=SI(J63="continuar",I61+I62,\$A\$2-I63)	=SI(E62=0,"no recoger"),"re",SI(F63="volver",1))	=SI(G62=0,"no recoger"),"re",SI(H63="volver",1))	=SI(I62=0,"no recoger"),"re",SI(J63="continuar",1))	=SI(K62=0,"no recoger"),"re",SI(L61="continuar",1))	
tn a Recoger	4	31	0	32	0	
tn que quedan por recoger	=SI(E61>=E62,0,E62-E61)	=SI(G61>=G62,0,G62-G61)	=SI(I61>=I62,0,I62-I61)	=SI(K61>=K62,0,K62-K61)		

TN	RECORRIDO	km	viajes	PUNTOS DE RECOJO
14.5	ABAJO HACIA ARRIBA	=SUMA(O3:O59)	=CONTAR.SI(B2:M64,"volver")	=CONTAR.SI(B2:M64,"recoger")
14.5	ARRIBA HACIA ABAJO	=arribahaciaabajo14.5IP64	=arribahaciaabajo14.5IP64	=Q64
15.8	ARRIBA HACIA ABAJO	=arribahaciaabajo15.8IP64	=arribahaciaabajo15.8IP64	=Q65
15.8	ABAJO HACIA ARRIBA	=abajohaciaarriba15.8IP64	=abajohaciaarriba15.8IP64	=Q66

=abajohaciaarriba14.5!M6=abajohaciaarriba14.5!N63
 =abajohaciaarriba14.5!M6=abajohaciaarriba14.5!N64
 =abajohaciaarriba14.5!M6=abajohaciaarriba14.5!N65
 =abajohaciaarriba14.5!M6=abajohaciaarriba14.5!N66
 =abajohaciaarriba14.5!M6=abajohaciaarriba14.5!N67

=abajohaciaarriba14.5!O63
 =abajohaciaarriba14.5!O64
 =abajohaciaarriba14.5!O65
 =abajohaciaarriba14.5!O66
 =abajohaciaarriba14.5!O67

=abajohaciaarriba14.5!P63
 =abajohaciaarriba14.5!P64
 =abajohaciaarriba14.5!P65
 =abajohaciaarriba14.5!P66
 =abajohaciaarriba14.5!P67

=abajohaciaarriba14.5!Q63
 =abajohaciaarriba14.5!Q64
 =abajohaciaarriba14.5!Q65
 =abajohaciaarriba14.5!Q66
 =abajohaciaarriba14.5!Q67

=C3	MANTENIMIENTO	CONDUCTOR	MALLEROS		HORAS USADAS	COSTO DE
CAPACIDAD (Tn)	S/HR	S/HR	S/HR	VELOCIDAD (KM/HR)	PARA RECOJO(HR)	USO
14.5	38.61	10.13	49.92	50	=D3/G11	=H11*(D11+E11+F11)
14.5	35.52	10.13	49.92	50	=D3/G12	=H12*(D12+E12+F12)
14.5	33.68	10.13	49.92	50	=D3/G13	=H13*(D13+E13+F13)
15.8	32	10.13	49.92	50	=D6/G14	=H14*(D14+E14+F14)

=MIN(11:14)

=C4	MANTENIMIENTO	CONDUCTOR	MALLEROS		HORAS USADAS	COSTO DE
CAPACIDAD (Tn)	S/HR	S/HR	S/HR	VELOCIDAD (KM/HR)	PARA RECOJO(HR)	USO
14.5	38.61	10.13	49.92	50	=D4/G20	=H20*(D20+E20+F20)
14.5	35.52	10.13	49.92	50	=D4/G21	=H21*(D21+E21+F21)
14.5	33.68	10.13	49.92	50	=D4/G22	=H22*(D22+E22+F22)
15.8	32	10.13	49.92	50	=D5/G23	=H23*(D23+E23+F23)

=MIN(20:23)

=C9	=D25	=E25	=F25	=C18	=H25	=I25	=J25	=K25	=L25		
14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	15.8	=	EXCLUYENTES
14.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	=SUMA(D27:K27)	1
14.5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	=SUMA(D28:K28)	1
14.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	=SUMA(D29:K29)	1
15.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	=SUMA(D30:K30)	1
<=	=SUMA(D27:D30)	=SUMA(E27:E30)	=SUMA(F27:F30)	=SUMA(G27:G30)	=SUMA(H27:H30)	=SUMA(I27:I30)	=SUMA(J27:J30)	=SUMA(K27:K30)			
	1	1	1	1	1	1	1	1			

=D25	=E25	=F25	=G25	=H25	=I25	=J25	=K25
14.5	14.5	14.5	15.8	14.5	14.5	14.5	15.8
14.5	=I11	1000	1000	1000	=I20	1000	1000
14.5	1000	=I12	1000	1000	1000	=I21	1000
14.5	1000	1000	=I13	1000	1000	1000	=I22
15.8	1000	1000	1000	=I14	1000	1000	=I23

=D34	=E34	=F34	=G34	=H34	=I34	=J34	=K34	
=C36	=D36*D27	=E36*E27	=F36*F27	=G36*G27	=H36*H27	=I36*I27	=K36*K27	=SUMA(D42:K42)
=C37	=D37*D28	=E37*E28	=F37*F28	=G37*G28	=H37*H28	=I37*I28	=K37*K28	=SUMA(D43:K43)
=C38	=D38*D29	=E38*E29	=F38*F29	=G38*G29	=H38*H29	=I38*I29	=K38*K29	=SUMA(D44:K44)
=C39	=D39*D30	=E39*E30	=F39*F30	=G39*G30	=H39*H30	=I39*I30	=K39*K30	=SUMA(D45:K45)
							COSTO MINIMO	=SUMA(L42:L45)

D. Anexo Imágenes Empresa

