

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

"Reducción del tiempo de servicio de atención a fallas en alumbrado
público en la ciudad de Guayaquil"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Giancarlo Sánchez Espinoza

Javier Antonio Torres Mora

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme en mi vida.

A mis padres Martin Sánchez y Lucciola Espinoza por su apoyo incondicional durante mi vida académica.

A mi hermana Paulette y mis hermanos: Roy, Darwin y Lesvin, que me han ayudado a ser mejor persona cada día.

A mi novia Yara Villanueva por su apoyo en las decisiones que tomo.

A mi tutora M.Sc. Maria Laura Retamales por guiarme durante la realización del proyecto.

Giancarlo Sánchez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por otra meta alcanzada.

A mis padres por el apoyo a lo largo de mi carrera profesional, el esfuerzo y la confianza para culminar otra etapa de mi vida, siendo el orgullo de ellos.

A mi tutora M.Sc. Maria Laura Retamales por guiarme de la mejor manera durante la realización del proyecto.

Javier Torres

DECLARACIÓN EXPRESA

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

Autor 1: Giancarlo Sánchez Espinoza


Autor 2: Javier Antonio Torres Mora

Tutor(a): M.Sc. María Laura retamales

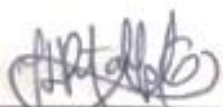
y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Giancarlo
Sánchez Espinoza
Autor 1



Javier Antonio
Torres Mora
Autor 2



M.Sc. Maria Laura
Retamales García
Tutora Materia Integradora

RESUMEN

El presente proyecto ha sido desarrollado en una empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica, la cual se enfrenta a elevados tiempos de atención a quejas de alumbrado público.

Actualmente el tiempo es de 120 horas en promedio desde que la queja se ingresa en el sistema informático de la empresa hasta el cierre de esta en el sistema.

Por tal motivo, el presente proyecto tiene como objetivo reducir el tiempo de atención a quejas mediante la implementación de un modelo de programación entera basado en el problema del Agente Viajero en la etapa de liberación en el proceso de gestión de alumbrado público.

Para lograr este propósito, se ha seguido la metodología DMAIC comenzando con la definición del problema estableciendo el alcance a la cual se va a atacar, luego se realizó una medición de los datos recolectados en el proceso que incurre en la gestión de atención de alumbrado público. Con la información recolectada se procedió a analizarla para encontrar las causas raíces de los problemas, para luego establecer propuestas de mejoras, las cuales pasaron por un proceso de selección y fueron ejecutadas mediante un plan de implementación.

A partir del análisis se identificó que la mejora sea un modelo de programación entera para una planificación de rutas creando una programación en Visual Basic y Solver con una interfaz manejada en Excel. Con la implementación del modelo se generó una reducción del 36% del tiempo de atención a quejas de alumbrado público. Como complemento al programa se realizó un manual y plan de control para asegurar el monitoreo del proceso.

Palabras Clave: Solver, alumbrado público, planificación de rutas, tiempo de atención a quejas.

ABSTRACT

This project has been developed in a distributor and marketer of electrical energy, which is facing high times of attention to requests of public lighting.

Now the time is 120 hours on average since the complaint is entered into the computer system of the company until the closing of this in the system.

For this reason, the present project aims to reduce the time of attention to complaints through the implementation of a whole programming model based on traveling salesman planning (TSP) in the stage of liberation in the process of managing public lighting.

To achieve this purpose, it has followed the DMAIC methodology starting with the definition of the problem by establishing the extent to which it is going to attack, then there was a measure of the data collected in the process that incurred in the management of public lighting.

With the information collected is proceeded to analyze it to find the root causes of the problems, so as to establish proposals for improvements, which went through a selection process and be executed through an implementation plan.

From the analysis it was found that the improvement is an integer programming model for a route planning by creating a programming in Visual Basic and the Solver with an interface managed in Excel. With the implementation of the model was generated a reduction of 36% of the time of attention to requests of public lighting. As a complement to the program was a manual and control plan to ensure the monitoring of the process

Keywords: Solver, Public Lighting, Route Planning, Time of attention to requests.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
ABREVIATURAS.....	X
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Análisis de la situación actual.....	1
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.2.1 Variable de medición	3
1.2.2 Alcance del Proyecto	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco Teórico	4
1.4.1 Diagrama de Pareto.....	4
1.4.2 SIPOC.....	4
1.4.3 VOC.....	4
1.4.4 DMAIC	5
1.4.5 Técnica de “5 Por qué’s”	7
1.4.7 Modelo de programación basado en el problema del Agente viajero(TSP).....	7
1.4.8 Programación de Restricciones.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
2 METODOLOGÍA.....	8

2.1	Definición.....	8
2.1.1	Levantamiento de procedimiento.....	9
2.1.2	Declaración del problema.....	10
2.2	Medición.....	12
2.2.1	Plan de Recolección de datos.....	13
2.2.2	Recolección de datos.....	14
2.2.3	Cálculo del Tamaño de muestra.....	15
2.2.4	Recolección de datos.....	15
2.2.5	Análisis de los datos recolectados.....	16
2.2.6	Conclusión de la información recolectada.....	16
2.2.7	Validación de datos.....	17
2.3	Análisis.....	17
2.3.1	Diagrama de Ishikawa.....	17
2.3.2	Matriz de Priorización de Causas.....	19
2.3.3	Plan de Verificación de Causas.....	19
2.3.4	Verificación de Causas.....	21
2.3.5	“5 Por que’s”.....	24
2.4	Mejora.....	25
2.4.1	Descripción de propuestas de mejoras.....	26
2.4.2	Sistema de evaluación de las propuestas de mejoras.....	27
2.4.3	Evaluación de las propuestas de mejoras.....	29
2.4.4	Descripción del modelo de programación entera seleccionado.....	30
2.4.5	Plan de implementación.....	31
CAPÍTULO 3.....		33
3	RESULTADOS.....	33
3.1	Análisis estadísticos de los resultados luego de la prueba piloto.....	34
3.2	Controles para la sostenibilidad del proyecto.....	38

CAPÍTULO 4.....	45
4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	45
4.1 Conclusiones.....	45
4.2 Recomendaciones.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
APÉNDICES.....	48
ANEXOS.....	60

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
ARCONEL	Agencia de Regulación y control de Electricidad
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve & Control
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Output & Customers
TSP	Traveling Salesman planning
SAR	Sistema de Atención a Reclamos
SIG	Sistema de Información Geográfica
OT	Ordenes de Trabajos

SIMBOLOGÍA

I	Impacto
Km	kilómetro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tasa Promedio de Atención	2
Figura 1.2 Proceso DMAIC de Six Sigma.....	5
Figura 2.1 Macro proceso del proceso de atención de quejas en alumbrado público.	9
Figura 2.2 Diagrama SIPOC Proceso de Gestión de alumbrado Público.....	10
Figura 2.3 Herramienta 3W+2H para la declaración del problema.....	11
Figura 2.4 Requerimiento del cliente	12
Figura 2.5 Equipo de recolección de datos	14
Figura 2.6 Porcentaje de tiempo según la actividad	16
Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa	18
Figura 2.8 Elaboración del Diagrama de Ishikawa	18
Figura 2.9 Matriz de Priorización de Causas.....	19
Figura 2.10 Distribución por sectores.....	21
Figura 2.11 Análisis de Varianza.....	23
Figura 2.12 Gráfica de carga de trabajo por sectores	23
Figura 2.13 Análisis comparativo de la carga de trabajo	24
Figura 2.14 Matriz de Impacto-Costo/Tiempo.....	30
Figura 3.1 Test de Normalidad para el tiempo de atención a quejas Situación Actual ..	35
Figura 3.2 Test de Normalidad para el tiempo de atención a quejas en Mejora.....	36
Figura 3.3 Prueba de hipótesis para diferencia de medias.....	37
Figura 3.4 Gráfico de cajas: Tiempo de atención a quejas Actual vs Mejora	38
Figura 3.5 Plan de Control para el seguimiento del Modelo	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Metodología dmaic	8
Tabla 2.2 Plan de recolección de datos.....	13
Tabla 2.3 Formato de recolección de datos.....	14
Tabla 2.4 Recolección de datos	16
Tabla 2.5 Plan de verificación de causas	20
Tabla 2.6 Cantidad de luminarias y quejas por sector.....	22
Tabla 2.7 Matriz 5 por qué's	24
Tabla 2.8 Causas raíces.....	25
Tabla 2.9 Propuestas de mejoras.....	26
Tabla 2.10 Evaluación nivel de impacto	27
Tabla 2.11 Escala nivel de impacto	28
Tabla 2.12 Escala nivel de costo	28
Tabla 2.13 Escala nivel de tiempo.....	28
Tabla 2.14 Matriz de evaluación de propuestas	29
Tabla 2.15 Plan de implementación	32
Tabla 3.1 Resultado de la situación actual	33
Tabla 3.2 Resultado de la situación de mejora.....	34
Tabla 3.3 Tablero de control del indicador.....	40
Tabla 3.4 Costo mensual de supervisores.....	41
Tabla 3.5 Costo mensual asociado por quejas no solucionadas.....	41
Tabla 3.6 Costo mensual de combustible.....	41
Tabla 3.7 Costo por capacitación.	42
Tabla 3.8 Costo mensual por uso del modelo	42
Tabla 3.9 Costo por implementación	42
Tabla 3.10 Costo por implementación	42
Tabla 3.11 Reducción de costo mensual por solución de que quejas adicionales	43
Tabla 3.12 Reducción mensual de combustible	43
Tabla 3.13 Compra adicional del camión canasta	43
Tabla 3.14 Beneficio por la implementación del modelo	44

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La empresa distribuidora de electricidad objeto de este estudio es una corporación que resulta de la fusión de doce unidades de negocio desde el año 2008 hasta el año 2014. El equipo gerencial de la corporación planifica y ejecuta tareas con la visión de ser sostenibles en el tiempo y estar alineados al plan de la nación.

La empresa brinda el servicio de electricidad a 2.3 millones de usuarios, con una cobertura del 95% dentro del área de servicio en la ciudad de Guayaquil acatando las normas y estándares para la prestación del servicio de Alumbrado Público General que han incrementado su exigencia de calidad deficiencia y precio justo según lo indicado en el CONELEC en su regulación No. CONLELEC 005/14 (CONELEC, 2011).

Cabe recalcar que no es suficiente cumplir disposiciones determinada por la entidad externa ARCONEL en la disposición de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica del proceso judicial (Art.14), haciendo referencia en la regulación y control de alumbrado público (ARCONEL, 2017), por lo que recurre a la implementación de la metodología Six Sigma fundamentada en la reducción o eliminación de defectos o fallas en la entrega del producto o servicio al cliente. Con el desarrollo de este proyecto se contribuye al objetivo de la empresa mejorando la gestión de atención a quejas.

1.1 Análisis de la situación actual

La empresa desde enero a septiembre del año 2017 ha registrado un elevado tiempo promedio de 151 horas para solucionar fallas de alumbrado público en la ciudad de Guayaquil, donde presenta un valor máximo de hasta 318 horas y un valor mínimo de 94 horas.

ARCONEL, la empresa reguladora de actividades del sector público estratégico de energía eléctrica, establece que el tiempo promedio para la solución a fallas en el área urbana sea de 24 horas, y en el área rural 72 horas. Debido a esta disposición, se requiere reducir su tiempo promedio de atención, pero por restricciones de recursos disponibles, la empresa espera solucionar los reclamos de los clientes en un tiempo máximo de 72 horas como se aprecia en la Figura 1.1.

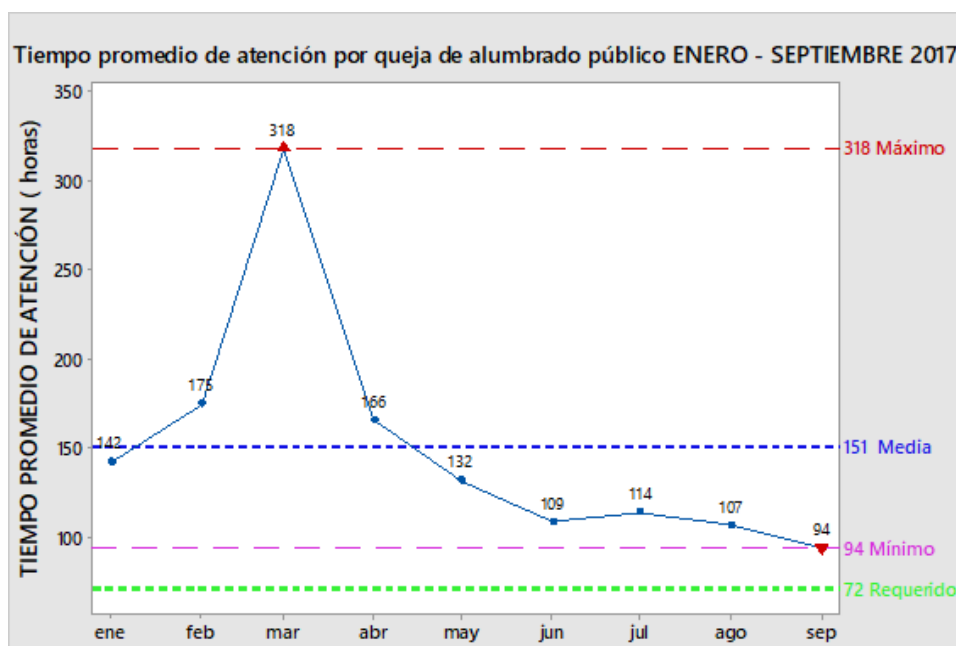


Figura 1.1 Tasa Promedio de Atención

Fuente: Elaboración propia

1.2 Descripción del Problema

La empresa presenta un tiempo elevado de atención a quejas en alumbrado público de la ciudad de Guayaquil. Desde enero del 2017 hasta septiembre del 2017, se registra un tiempo promedio de 151 horas para la solución por queja, siendo el requerimiento de la gerencia de 72 horas, es decir, presentando una diferencia de 79 horas por encima del estándar.

1.2.1 Variable de medición

La variable de medición considerada en el desarrollo del proyecto es el tiempo a solución a fallas, la cual corresponde al tiempo desde que se genera la llamada del cliente hasta que se cierra la orden de solución de la queja.

Esta variable corresponde a todo un proceso dividido por actividades administrativas como: filtrado del tipo de falla de alumbrado público, impresión de la queja, preparación del mapa de ubicación, liberación de la orden y el cierre de la orden; y una actividad operativa como la ejecución a arreglar la falla.

1.2.2 Alcance del Proyecto

El alcance de este proyecto comprende el proceso de atención a fallas de alumbrado público de la zona urbana de la ciudad de Guayaquil, específicamente desde la apertura del caso en el sistema de reclamo (SAR) hasta el cierre de este.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir en un 55 % el tiempo de servicio de atención a fallas de alumbrado público en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil en el año 2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar causas identificadas que generan demoras en la gestión de alumbrado público.
- Separar entre las causas que generan mayor impacto en el tiempo de respuesta, para la selección de propuestas de mejora.
- Diseñar un modelo que permita programar las rutas de solución de quejas.
- Evaluar el modelo propuesto, mediante su implementación.
- Proponer un sistema de control para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Diagrama de Pareto

Esta herramienta es una gráfica de barras que permite separar los problemas que tienen mayor relevancia de los que no tienen gran impacto. Se lo conoce como la regla 80-20, esto significa que el 20% de los problemas generan el 80% de los efectos. Una vez que se apliquen soluciones sobre los problemas o causas ya identificadas, las mejoras serán significativas (Gonzalez, 2012).

1.4.2 SIPOC

El diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier (S) – Inputs (I) – Process (P) – Outputs (O) – Customers (C), nos permite visualizar de manera general las partes implicadas y las actividades en el proceso. Los proveedores (Supplier) son aquellos que aportan todos los recursos dentro del proceso (Betancourt, 2017).

- Las entradas (Inputs) se consideran recursos como información, material e incluso personas.
- El proceso (Process) es el conjunto de actividades para realizar el trabajo, dándoles un valor agregado.
- La salida (outputs) es el servicio, producto final o información entregadas al cliente.
- Los clientes (Customers) reciben el resultado final y se pueden ser externos como internos.

El diagrama SIPOC tiene una gran ventaja al ser utilizada a procesos de cualquier tamaño o nivel, incluso para una organización completa.

1.4.3 VOC

Esta herramienta es utilizada para identificar las necesidades, expectativas y las características críticas del cliente. Con esta información se establece prioridades para poder satisfacer sus requerimientos (Matarranz, 2014).

Los diferentes medios para la recopilación de la información son por entrevista, encuestas, análisis de quejas o simplemente una interacción directa.

1.4.4 DMAIC

DMAIC es una metodología utilizada para proyectos Six Sigma, está enfocada en la mejora de procesos existentes y consiste de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Define, Measure, Analysis, Improve & Control) como se muestra en la figura 1.1 (Pavón, 2018).

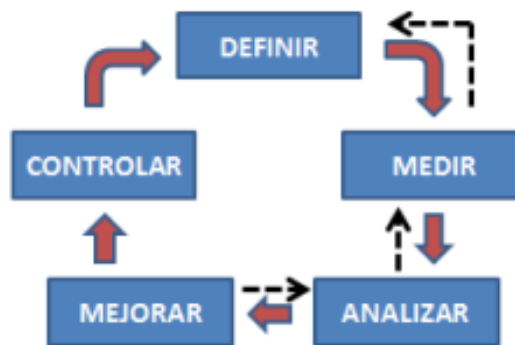


Figura 1.2 Proceso DMAIC de Six Sigma

Fuente: R. Ocampo y Aldo E. Pavón.2018

Definir (Define)

En esta etapa se define el proyecto de mejora, para establecer el problema es importante responder preguntas claves como: ¿Por qué es necesario resolver esto ahora?, ¿Qué beneficios cuantificables se espera lograr del proyecto, ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente? Los inputs para lograr responder estas preguntas son (Pavón, 2018):

- Mapeo de Proceso SIPOC
- Voz del Cliente
- Parámetros críticos de la calidad (CTQ's)

Medir (Measure)

Luego de haber definido el problema a atacar, se establece la manera en que será medida la capacidad del proceso, se determina la manera de recolección de información sobre el desempeño de la situación actual de la empresa. Al igual que en la etapa anterior se debe responder las siguientes preguntas: ¿Cómo se obtiene la información?, ¿Qué

exactitud o precisión tiene la información recolectada?, las herramientas a usar en esta fase son (Pavón, 2018):

- Matriz de Priorización de causas
- Gráficos de Control

Analizar (analysis)

Con los datos recolectados, esta etapa tiene como objetivo analizar los datos y establecer las causas de este estado. En esta fase se determina si el problema es real o solo un evento aleatorio por la cual no puede solucionarse usando la metodología DMAIC. Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Cuáles variables me afectan más al proceso y cuáles podemos controlar?, ¿Qué es de valor para el cliente? Entre las herramientas a utilizar tenemos (Pavón, 2018):

- Diagrama de causa-efecto
- Prueba de chi-cuadrado
- Diagrama de flujo de proceso

Mejora (Improve)

Una vez realizado el análisis se procede a identificar las posibles soluciones. En esta fase se desarrollan, implementan y se validan las propuestas de mejoras para el proceso determinado. Las preguntas por responder en esta etapa son: ¿Cuál de las opciones tiene mayor posibilidad de éxito?, ¿Cuál es el plan de implementación de la(s) alternativa(s)?, ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la empresa? Entre las herramientas utilizadas en esta fase tenemos (Pavón, 2018):

- Lluvia de ideas
- Modo de Falla y Análisis de Efecto
- Herramientas Lean
- Simulación de Eventos Discretos

Controlar (Control)

Por último, la etapa de control es donde se asegura que la solución pueda sostenerse sobre un largo periodo de tiempo. La importancia de esta fase es que las variables se mantengan dentro de los límites de aprobación en el proceso modificado. La pregunta

por responder en esta fase es: ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso? (Pavón, 2018).

1.4.5 Técnica de “5 Por qué’s”

Esta herramienta permite identificar la relación de causa-efecto que genera un problema con la finalidad de llegar la causa raíz después de responder una sucesión de preguntas hasta descubrir la información vital de modo sistemática para elaborar soluciones a las preguntas bosquejadas (Izquierdo, 2016).

1.4.7 Modelo de programación basado en el problema del Agente viajero(TSP)

El objetivo de este modelo de programación entera es encontrar el recorrido que conecte todos los nodos de una red, visitándolo una vez y volviendo al punto de inicio permitiendo minimizar la distancia o tiempo total recorrido (David L. Applegate, 2007).

1.4.8 Programación de Restricciones

Es una herramienta muy útil para resolver problemas combinatorios de varios agentes (lugares a recorrer variable) declarando las restricciones. Un complemento para esta herramienta es un solucionador de restricciones, entre éstas Solver para encontrar una solución óptima (Beck, 2017).

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

La metodología implementada para el desarrollo del proyecto se fundamenta en la filosofía Six Sigma, la misma que está compuesta por la etapa de Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control cuyo objetivo es reducir o eliminar defectos que actualmente se presentan en el proceso de gestión de alumbrado público (Joseph Barnard, 2004). A continuación, en la tabla 1.1 se detalla el plan de trabajo para la ejecución del proyecto utilizando la herramienta DMAIC:

Tabla 2.1 Metodología DMAIC

DMAIC	
Definir	Levantamiento de procedimientos al proceso de gestión de alumbrado público.
	Planteamiento del alcance utilizando la herramienta SIPOC.
	Declaración del Problema mediante la herramienta 3W+2H.
	Identificación de las necesidades del cliente mediante la utilización del VOC.
Medir	Establecimiento del plan de recolección de datos.
	Diagramación del proceso de gestión de alumbrado público.
	Validación de datos.
	Determinación del tamaño de muestra.
	Recolección de datos.
Analizar	Elaboración de diagrama de Pareto.
	Elaboración de diagrama de Ishikawa para la identificación las causas asociadas.
	Determinación de causas raíces utilizando la herramienta 5 por qué's.
Mejora	Planteamiento de las propuestas de mejoras asociadas a las causas raíces
	Implementación de la mejora seleccionada.
Controlar	Elaboración del plan de control de la propuesta de mejora.

Fuente: (Roberto José Herrera Acosta, 2002)

Elaboración propia

2.1 Definición

En esta etapa se realizó el levantamiento del proceso de gestión de alumbrado público para poder definir el problema y plantear el alcance mediante la utilización de las herramientas como: 3W+2H, SIPOC y VOC.

2.1.1 Levantamiento de procedimiento.

El flujo del proceso de gestión de alumbrado público se muestra en la figura 2.1, donde se presentan las actividades desde la recepción de la queja hasta el cierre de la queja en el sistema SAR. Además, la división de los tiempos operativos y tiempos de espera entre actividades siendo una información clave para la recolección de datos.

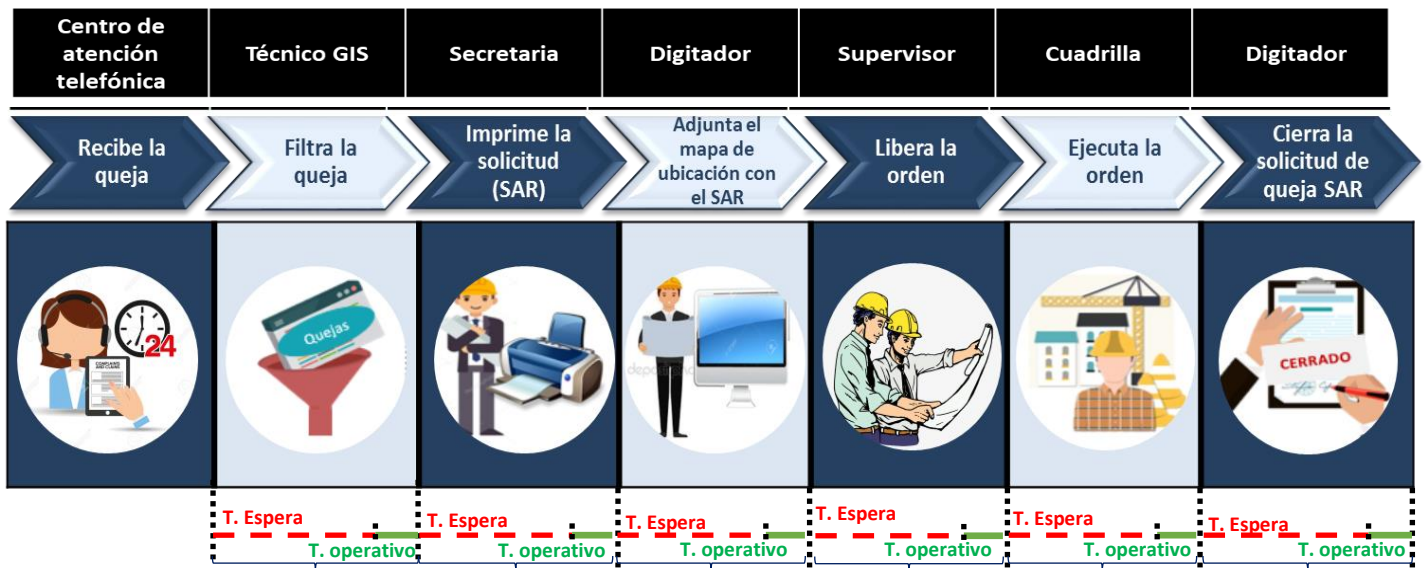


Figura 2.1 Macro proceso del proceso de atención de quejas en alumbrado público.

Fuente: Elaboración propia

El proceso se compone de varias actividades que se describen a continuación: el filtrado de la queja se la realiza 3 veces al día: 8am, 11am y 2 pm; en la impresión se debe realizar un lote de 15 solicitudes en promedio para ser entregado a la siguiente actividad donde se adjunta el mapa de ubicación de la queja a cada solicitud; y finalmente en la actividad de liberación de la orden se la realiza en el siguiente horario programado: 7:30 am, 15:30pm y 12 am.

La figura 2.2 presenta el diagrama SIPOC utilizado para identificar las interrelaciones del proceso con los proveedores, entradas, salidas y clientes como se muestra en figura 2.2:

S	I	P	O	C
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Call Center	Información de los requerimientos del cliente	Apertura del SAR	Liberación Orden de trabajo	Digitadores
Digitadores				Técnico SIG
Técnico SIG				Digitador
Digitador				Supervisor
Supervisor				Capataz
Capataz	Liberación Orden de trabajo	Ejecución SAR	Luminaria reparada	Digitadores
Digitadores	Luminaria reparada	Cierre SAR	cierre de la orden	Supervisor

Figura 2.2 Diagrama SIPOC Proceso de Gestión de alumbrado Público

Fuente: Elaboración propia

Apertura del SAR: Una vez que el cliente realiza una llamada por una queja al centro de atención telefónica, se registra los datos personales y la ubicación de alumbrado público con problema. Se realiza el filtro por el tipo de queja, los cuales son tres: luminarias apagadas en la noche, luminarias prendidas en el día y luminarias dañadas. Durante este proceso se realiza el filtrado por el digitador el cual lo realiza para las 3 quejas mencionadas; esta información es impresa y entregada a los digitadores quienes preparan el mapa de cada solicitud y se los entregan a los supervisores asignados por zona y ellos son los encargados de entregarlos al capataz de la cuadrilla para que proceda a ejecutar la orden.

Ejecución del SAR: La cuadrilla se dirige a la ubicación de la queja. Una vez llegado al punto de trabajo el capataz es encargado de registrar la hora de inicio de trabajo en la solicitud generada por la queja y una vez solucionada registran la hora de finalización de trabajo.

Cierre del SAR: La cuadrilla regresa a la unidad de negocio con las solicitudes finalizadas para realizar el cierre de las quejas en la base de datos (SAR) la hora y fecha de cierre la queja.

2.1.2 Declaración del problema

En esta etapa se utilizó la herramienta 3W+2H considerando preguntas claves para la formulación del problema de solución a quejas.

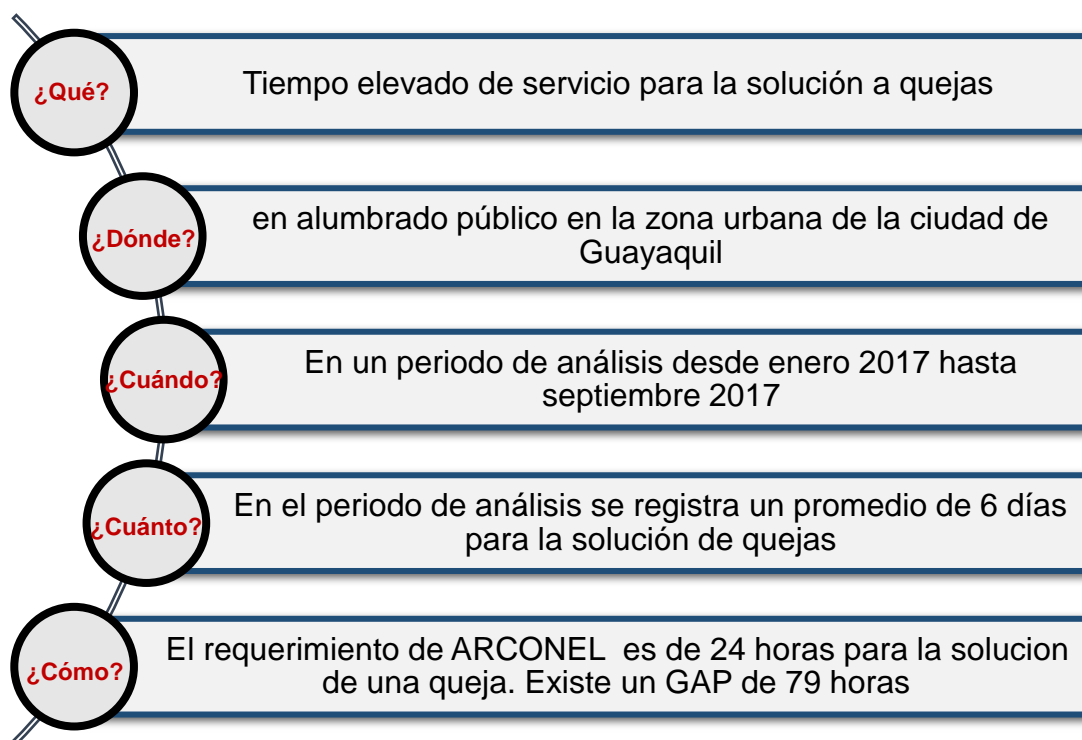


Figura 2.3 Herramienta 3W+2H para la declaración del problema

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la herramienta que se muestra en la figura 2.3, el problema se declaró de la siguiente manera:

“Tiempo elevado de atención a quejas en alumbrado público de la ciudad de Guayaquil; en el periodo de análisis desde enero del 2017 hasta septiembre del 2017, se registra un tiempo promedio de 151 horas para la solución por queja, siendo el requerimiento de la gerencia de 72 horas, es decir, presentando una diferencia de 79 horas por encima del estándar”.

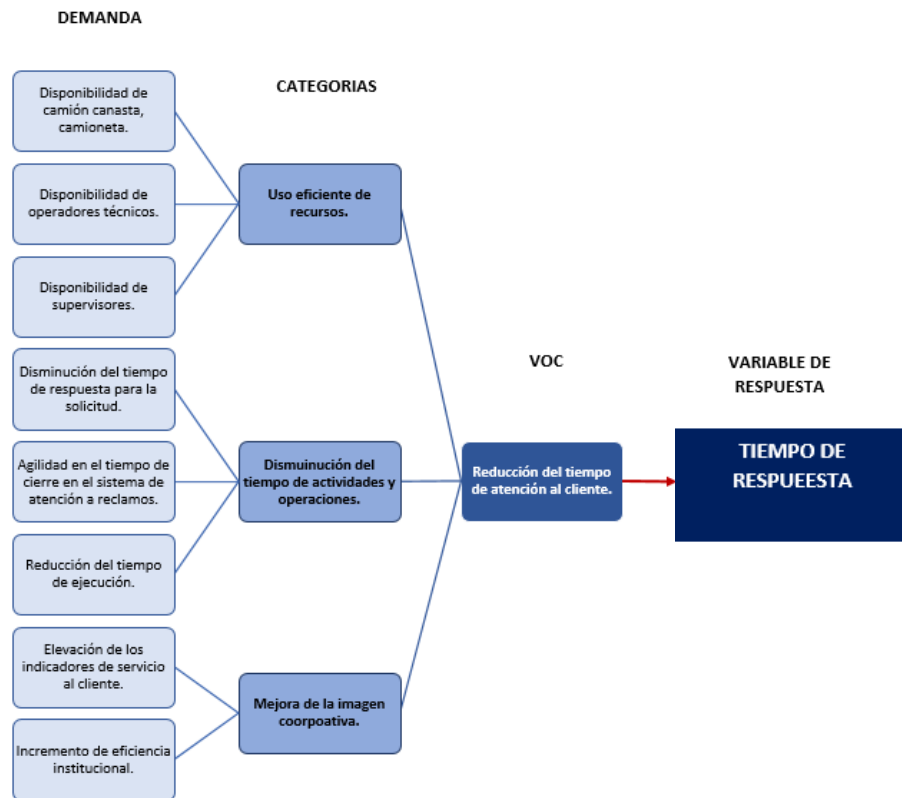


Figura 2.4 Requerimiento del cliente

Fuente: Elaboración propia

Con los requerimientos del cliente se concluyó que la variable de respuesta es el tiempo de respuesta o tiempo de atención al cliente y la forma de poder medir esta variable es:

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo de atención: tiempo de filtro} &+ \textit{ tiempo de impresión} \\
 &+ \textit{ tiempo de preparación del mapa} + \textit{ tiempo de liberación de orden} \\
 &+ \textit{ tiempo de ejecución} + \textit{ tiempo de cierre}
 \end{aligned}$$

2.2 Medición

En la etapa de medición el objetivo es establecer las variables que tienen relación en la afectación del proceso de gestión de alumbrados público. Para ello se levantó información de esta gestión por conocimiento de los posibles causantes del problema.

2.2.1 Plan de Recolección de datos.

Con la variable estipulada en el punto anterior se procedió a realizar la recolección de datos de las actividades involucrada al proceso de gestión de alumbrado público para la elaboración de estos con la finalidad de identificar el problema enfocado.

Con el problema enfocado se procedió a recolectar datos referentes a la demora en todo el proceso, para luego analizarlas y encontrar las variables que intervienen en la generación de causas al problema.

A continuación, en la tabla 2.2 se muestra el plan de recolección de datos.

Tabla 2.2 Plan de Recolección de Datos

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
VARIABLE: TIEMPO DE SOLUCIÓN A QUEJAS							
N	Qué es medido?	Unidad	Tipo de dato	Cómo es medido?	Condiciones Relacionadas	Uso Futuro	Responsables
1	Tiempo de filtro	Horas	Continuo	Midiendo el tiempo desde la finalización de la llamada hasta que termine el filtro de la solicitudes a las horas programadas.	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semanas programadas para medición del 23 - 31 Oct Donde: unidad de negocio en guayaquil de alumbrado publico.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier
2	Tiempo de impresión	Horas	Continuo	Midiendo el tiempo desde la finalización de la etapa anterior hasta el instante de impresion en la solicitud física.	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semanas programadas para medición del 23 - 31 Oct Donde: unidad de negocio en guayaquil de alumbrado publico.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier
3	Tiempo de elaboración plano	Horas	Continuo	Midiendo el tiempo desde la finalización de la etapa anterior hasta que esté impreso el plano de la ubicación de la queja.	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semanas programadas para medición del 23 - 31 Oct Donde: unidad de negocio en guayaquil de alumbrado publico.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier
4	Tiempo de liberación	Horas	Continuo	Midiendo el tiempo desde la finalización de la etapa anterior hasta que la solicitud sea entregada para su ejecución a las horas programadas.	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semanas programadas para medición del 23 - 31 Oct Donde: unidad de negocio en guayaquil de alumbrado publico.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier
5	tiempo de ejecución	Horas	Continuo	Registrando los tiempos de inicio y fin que se encuentran en las solicitudes físicas	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semana programada para medición del 30 oct -1 nov. Donde: en la dirección de la luminaria que genero la queja.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier
6	Tiempo de cierre	Horas	Continuo	Midiendo el tiempo desde que la luminaria es reparada hasta el instante de cierre que se encuentran en el sistema de atención a quejas.	Que: tiempo operativo y demora de la actividad. Cuando: Semanas programadas para medición del 23 - 31 Oct. Donde: unidad de negocio en guayaquil de alumbrado publico.	Para identificar la actividad demande la mayor cantidad de tiempo y que tenga la mayor demora asi como su tiempo operativo.	Giancarlo-Javier

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Recolección de datos.

Los líderes del proyecto son los encargados de realizar la recolección de datos junto al equipo de trabajo que se presenta en la figura 2.5 conformado por:

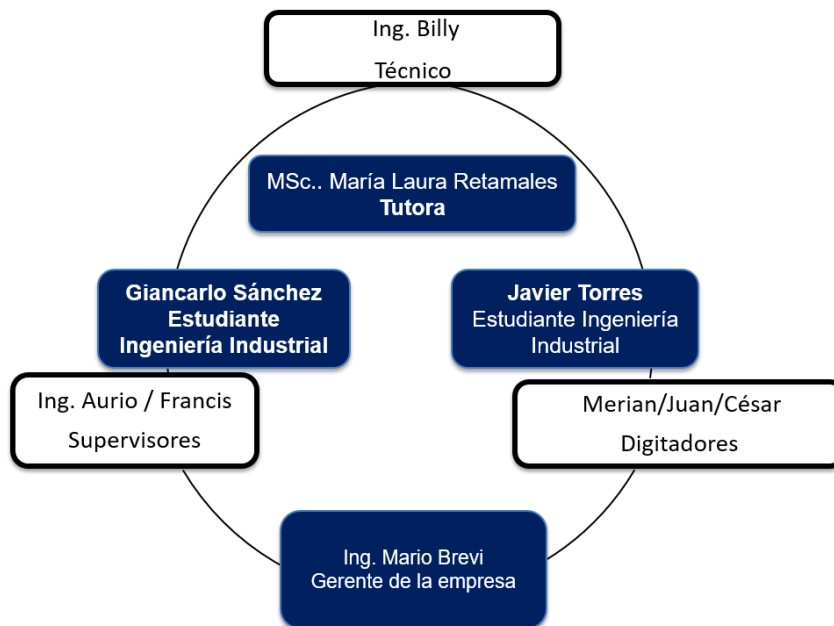


Figura 2.5 Equipo de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de datos se tomaron los tiempos del proceso de gestión de atención de alumbrado público desde la actividad de filtrado hasta la liberación de las ordenes. No se recolectaron datos de la actividad de ejecución por restricciones de la empresa.

Debido a que la empresa no cuenta con un registro de tiempo del proceso, se elaboró el formato de registro en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Formato de Recolección de Datos

Número	Llamada		Filtro				Impresión				Mapa			
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total

Liberación				Ejecución				Cierre			
Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Cálculo del Tamaño de muestra

Se calculó el tamaño de la muestra para la toma de tiempos de las actividades del proceso de gestión de alumbrado público, la ecuación que se utilizó para el cálculo fue (Benassini, 2004):

$$n_o = \frac{(Zx\delta)^2}{(e x \mu)^2}$$

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$

Dónde:

Z: nivel de confiabilidad (95%)
e: error (5%) a la muestra de la prueba piloto
μ: media de la prueba piloto (78,46h)
δ: desviación estándar de la prueba piloto(37,27h)
N: tamaño de la población (1400 quejas mensualmente)

Utilizando la ecuación planteada y reemplazando cada término obtenemos el siguiente resultado:

$$n_o = \frac{(Zx\delta)^2}{(e x \mu)^2} = 345 \quad n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} = 277$$

Se obtuvo como resultado que la necesidad de levantar 277 datos en la toma de tiempo en el proceso de atención de quejas en alumbrado público.

2.2.4 Recolección de datos.

Utilizando el formato descrito, se detalla la información recogida en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Recolección de Datos

Número	Llamada		Filtro				Impresión				Mapa			
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total
6880836	28/10/17	9:46	28/10/17	11:03:00	0:02:40	1:17:00	28/10/17	14:41	0:00:19	3:38:00	28/10/17	14:53:00	0:01:39	0:12:00
6869725	24/10/17	19:02	25/10/17	8:03:00	0:03:01	13:01:00	25/10/17	9:45	0:00:21	1:42:00	25/10/17	10:03:00	0:01:51	0:18:00
6874640	26/10/17	10:24	26/10/17	11:03:00	0:02:37	0:39:00	26/10/17	11:21	0:00:16	0:18:00	26/10/17	11:30:00	0:01:42	0:09:00

Liberación				Ejecución				Cierre			
Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total	Fecha	Hora	T. operativo	T. total
29/10/17	7:30:00	0:58	16:37:00	29/10/17	8:25:00	0:32:00	0:55:00	30/10/17	12:28:00	0:01:40	28:03:00
27/10/17	15:30:00	1:15	53:27:00	27/10/17	23:00:00	0:12:00	7:30:00	28/10/17	14:05:00	0:01:27	15:05:00
30/10/17	7:30:00	0:49	92:00:00	30/10/17	13:15:00	0:20:00	5:45:00	31/10/17	14:04:00	0:01:38	24:49:00

Fuente: Elaboración propia

Los datos completos de análisis se encuentran en la parte de anexos del documento.

2.2.5 Análisis de los datos recolectados

En la figura 2.6 se muestra tanto el requerimiento de tiempo por cada actividad del proceso como la cantidad de tiempo operativo y de espera que existe en las distintas actividades.



Figura 2.6 Porcentaje de tiempo según la actividad

Fuente: Elaboración propia

2.2.6 Conclusión de la información recolectada

Como se aprecia en la figura 2.6, la actividad de liberación es la más representativa en relación con el tiempo de espera, con 49.7% de tiempo requerido en el proceso. El tiempo

de espera se genera entre la actividad de liberación y la actividad consecuente la cual es ejecución. Por esta razón fue la variable seleccionada para un posterior análisis.

2.2.7 Validación de datos

Los datos obtenidos en las entrevistas fueron recolectados por los líderes del proyecto quienes identificaron y tabularon los resultados

2.3 Análisis

En esta etapa se realizó el análisis de los datos recolectados anteriormente en medición con un equipo de trabajo conformado por el gerente de la unidad de negocio y los 8 supervisores. Las herramientas que se utilizaron fueron: Diagrama de Ishikawa para identificar las causas potenciales, luego se elaboró la matriz de priorización de causas para seleccionar la de mayor impacto y bajo esfuerzo, con el resultado de la matriz se verificó cada causa potencial con el equipo de trabajo y por último junto con ellos se determinó la causa raíz de las causas potenciales utilizando la herramienta 5 por qué's.

2.3.1 Diagrama de Ishikawa

De la lluvia de ideas realizada con el equipo de trabajo se procedió a plantearlas dentro del diagrama de Ishikawa Figura 2.7. Para el problema a resolver se definieron los siguientes factores:

- Administración
- Método
- Recurso

- Personal

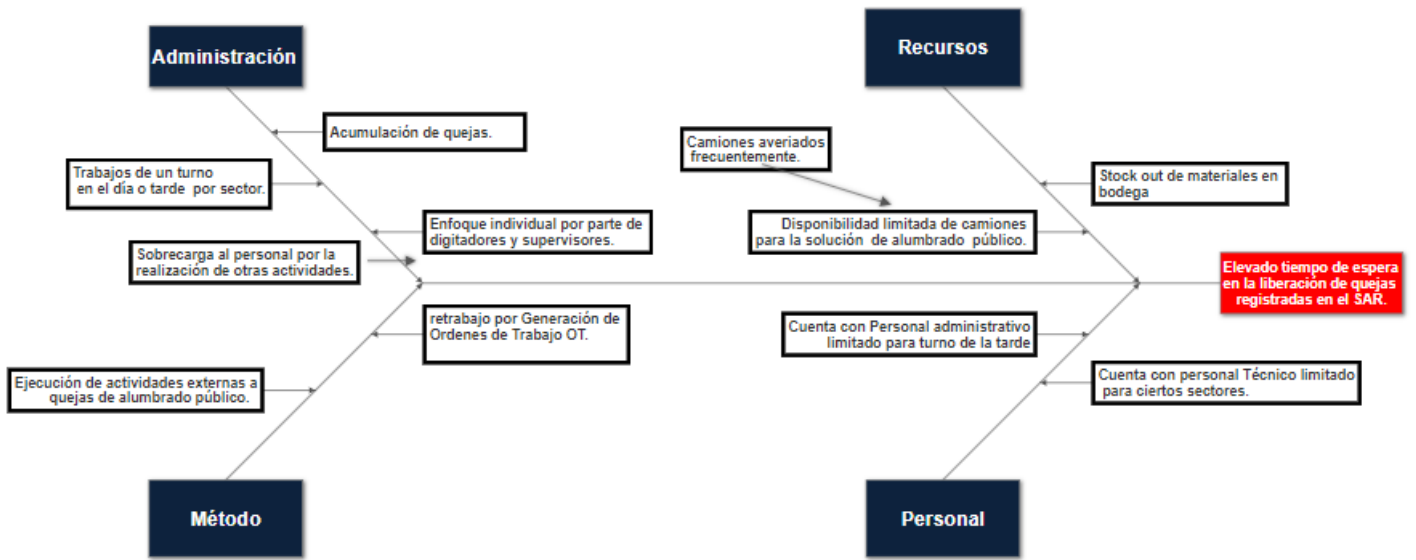


Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.8 Elaboración del Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Matriz de Priorización de Causas

Con las causas encontradas se realizó una priorización de estas con la finalidad de obtener aquellas de mayor impacto y bajo esfuerzo o control. En la figura 2.8 se puede observar las causas con enfoques prioritarios (alto impacto y bajo esfuerzo).



Figura 2.9 Matriz de Priorización de Causas

Fuente: Elaboración propia

De todas las causas encontradas y clasificadas en la matriz, las causas potenciales son:

- Acumulación de quejas.
- Sobrecarga al personal por la realización de otras actividades.
- Disponibilidad limitada camiones para la solución de alumbrado público.
- Retrabajo por generación de órdenes de trabajo (OT).

2.3.3 Plan de Verificación de Causas

Con las causas potenciales identificadas en la matriz, se elaboró un plan el cual fue ejecutado con el equipo de trabajo para su verificación y análisis de la información de tal manera se evidencie el impacto sobre la variable de respuesta estipulada. A continuación, se muestra en la Tabla 2.5 el plan de verificación de causas.

Tabla 2.5 Plan de verificación de causas

Causas Potenciales	Descripción	Modo de verificación	Responsable	Estado
Acumulación de quejas.	La cantidad de quejas por supervisores no es nivelada debido a ciertos casos se excede la cantidad óptima por supervisor.	Entrevistas y datos históricos	Giancarlo Sánchez-Javier Torres	Verificada
Sobrecarga al personal por la realización de otras actividades.	Los supervisores interrumpen el trabajo de las cuadrillas asignando nuevas tareas.	Entrevistas y datos históricos	Giancarlo Sánchez-Javier Torres	Verificada
Disponibilidad limitada camiones para la solución de alumbrado público.	La falta de este recurso se genera una acumulación de quejas por atender.	Entrevistas	Giancarlo Sánchez-Javier Torres	Verificada
Cuentan con personal técnico limitado para ciertos sectores	Por la falta de personal técnico se genera una acumulación de quejas por atender.	Entrevistas	Giancarlo Sánchez-Javier Torres	Verificada
Retrabajo por generación de órdenes de trabajo.	Estas órdenes son generadas al momento que una luminaria no puede ser reparada debido a que no se cuentan con un stock de insumos en el vehículo.	Entrevistas y datos históricos	Giancarlo Sánchez-Javier Torres	Verificada

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Verificación de Causas

Además de las entrevistas, se evidenció con los datos históricos la situación actual de la empresa por la causa raíz “ineficiente distribución de la carga de trabajo por sector” que se analiza a continuación en las Figuras 2.10, 2.11 y 2.12.

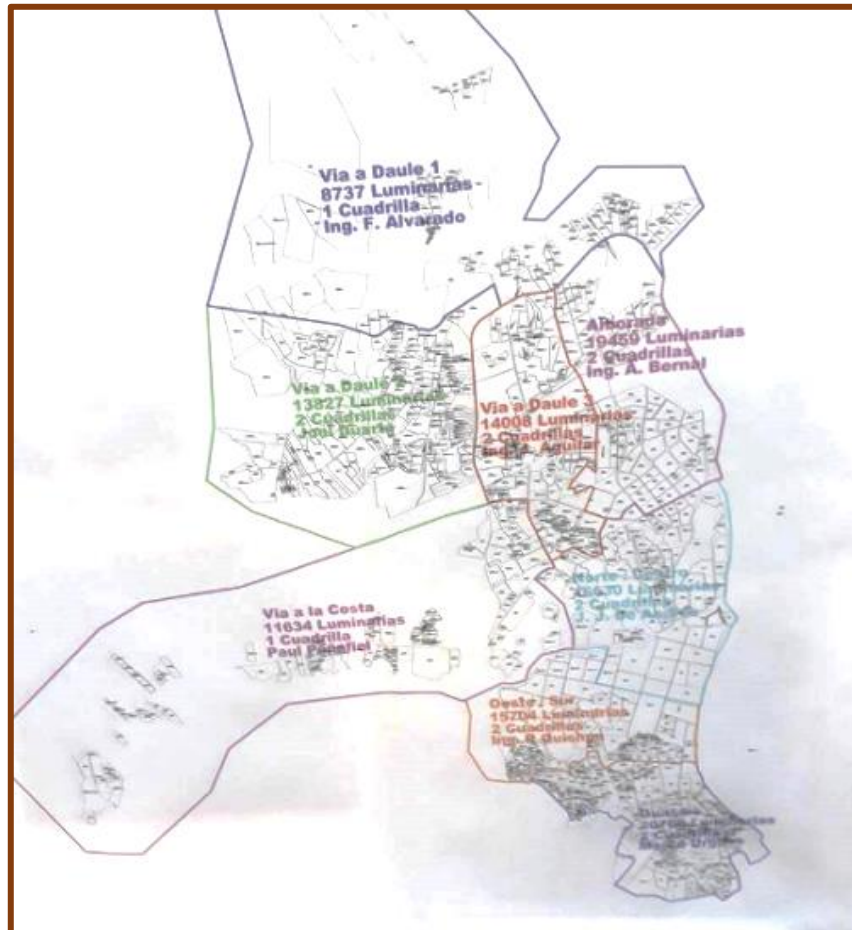


Figura 2.10 Distribución por sectores

Fuente: Elaborado por el Técnico GIS

La empresa divide a la ciudad de Guayaquil en 8 sectores.

- A cada cuadrilla se le asigna el carro canasta o escalera dependiendo de su disponibilidad.
- El modo de ruteo es realizado por el conductor de cada cuadrilla a su discreción.
- La jornada de trabajo es de 8 horas por sector.

- Cada sector está asignado a un supervisor con sus respectivas cuadrillas (3 personas). A continuación, en la Tabla 2.6 se muestra la cantidad de luminarias y quejas distribuidas por sector.

Tabla 2.6 Cantidad de luminarias y quejas por sector

Areas	# Lights	# Request
Via daule 3	14008	150
Alborada	19459	253
Norte centro	16630	174
Via daule 2	13827	129
Via daule 1	8737	167
Via a la costa	11634	76
Oeste sur	15704	195
Guasmo	20766	220

Fuente: Elaboración propia

La ineficiente distribución de carga de trabajo ocasiona una sobrecarga en ciertos sectores generando un desbalanceo de los sectores, acumulándose quejas porque se eleva el Tiempo de atención de las quejas a ser atendidas.

Para comprobar el desbalanceo de los sectores, se realizó un análisis ANOVA en el software estadístico Minitab 18 donde se tiene como hipótesis que:

H₀: La cantidad de quejas promedio por sector son iguales.

H₁: La cantidad de quejas promedio por sector no son todas iguales.

Con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$), con un valor $p=0,00$ se rechaza la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que la cantidad de quejas promedio por sector no son todas iguales. En la figura 2.10 y 2.11 se muestra la tabla de validación presentada por Minitab y la gráfica de estas respectivamente.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	7	145790	20827	17,45	0,000
Error	40	47751	1194		
Total	47	193541			

Figura 2.11 Análisis de Varianza

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

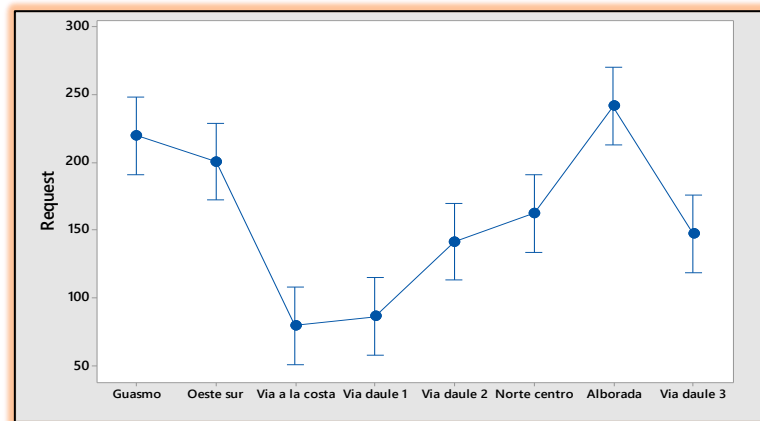


Figura 2.12 Gráfica de carga de trabajo por sectores

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

Además del análisis de varianza, se realizó un análisis de comparación Fisher para corroborar el desbalanceo por sectores. En el **Apéndice A** se encuentra la prueba estadística de normalidad de los datos para la realización del análisis de comparación Fisher. En la figura 2.11 se demuestra que las medias no comparten una letra por lo que se afirma que son significativamente diferentes.

Factor	N	Media	Agrupación	
Alborada	6	241,7	A	
Guasmo	6	219,7	A	B
Oeste sur	6	200,7	B	C
Norte centro	6	162,3	C	D
Via daule 3	6	147,3		D
Via daule 2	6	141,5		D
Via daule 1	6	86,3		E
Via a la costa	6	79,50		E

Figura 2.13 Análisis comparativo de la carga de trabajo

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

2.3.5 “5 Por que’s”

Una vez identificado y verificado las causas potenciales se utilizó la herramienta 5 por qué con la finalidad de hallar las causas raíces que afectan al problema, se puede observar la Tabla 2.4:

Tabla 2.7 Matriz 5 por qué’s

CAUSAS POTENCIALES	WHY? 1	WHY? 2	WHY? 3	WHY? 4	WHY? 5
Acumulación de quejas	Quejas no se atienden en el día que llegan.	Ineficiente planificación de rutas.	La ruta la realiza el conductor porque la empresa no realiza una planificación de rutas.		
		sobreutilización del personal en ciertos sectores.	Ineficiente distribución de carga laboral por sectores.		
Disponibilidad limitada de camiones para la solución de alumbrado público.	Vehículos sufren de averías frecuentemente.	Vehículos con poco tiempo para realizar mantenimiento.	Trabajan mínimo 16 h diarias.	Ineficiente planificación de rutas.	La ruta la realiza el conductor porque la empresa no realiza una planificación de rutas.
				Se debe atender una elevada cantidad de quejas en algunos sectores.	Ineficiente distribución de carga laboral por sectores.
Retrabajo por generación de Ordenes de trabajo.	Se posterga la reparación de una luminaria.	No se lleva los materiales en el vehículo.	Los materiales deben salir con una orden.	Por política del Sector Público.	
Sobrecarga al personal por la realización de otras actividades.	Cuenta con personal técnico limitado en ciertos sectores.	Ineficiente distribución de carga laboral por sectores.			

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis 5 por qué se identificó 3 causas como se muestra en la tabla 2.8

Tabla 2.8 Causas raíces

#	Causas potenciales	Causa raíz
1	Acumulación de quejas.	La ruta la realiza el conductor. ineficiente distribución de carga laboral por sectores.
2	Disponibilidad limitada de camiones para la solución de alumbrado público.	La ruta la realiza el conductor. ineficiente distribución de carga laboral por sectores.
3	Retrabajo por generación de Ordenes de trabajo.	Por política del Sector Público.
4	Sobrecarga al personal por la realización de otras actividades.	Ineficiente distribución de carga laboral por sectores.

Fuente: Elaboración propia

2.4 Mejora

En la fase de mejora se establecieron posibles mejoras considerando las causas raíces definidas anteriormente, considerándose las restricciones de la situación de la empresa.

Entre estas tenemos:

- Actualmente se maneja ya sea un turno por el día o por la tarde.
- Se tiene 2 tipos de camiones: 5 camiones escaleras y 7 camiones canastas.
- Cada camión consta con una cuadrilla (1 chofer y 2 técnicos).

De igual manera como se realizó la etapa de análisis se analizó Con el grupo trabajo las propuestas de mejora, se elaboró la matriz de priorización de soluciones para finalmente armar el plan de implementación. A continuación, se muestra las propuestas en la Tabla 2.9:

Tabla 2.9 Propuestas de Mejoras

Causa Raíz	Propuestas de Mejoras	Letra de representación
Ineficiente distribución de carga de trabajo por sectores.	Adquisición de Recursos	A
	Modelo de asignación de capacidad.	B
la ruta la realiza el conductor.	Modelo de Ruteo	C

Fuente: Elaboración propia

2.4.1 Descripción de propuestas de mejoras

2.4.1.1 Modelo de asignación de capacidad

Diseñar un modelo de optimización para proceso de asignación de recursos considerando las restricciones del sistema, con la finalidad de balancear la carga de trabajo en función de la demanda (quejas recibidas), manteniendo la cantidad de recursos. Con esto se espera lograr que las zonas estarán cubiertas en un 33% más al día, evitando la acumulación de quejas; la cual disminuye el tiempo de atención a quejas.

2.4.1.2 Adquisición de Recursos

Adquirir nuevos recursos (camión canasta y escalera) además contratar personal para el manejo de las nuevas unidades con la finalidad de cumplir la demanda en menor tiempo.

2.4.1.3 Modelo de ruteo

Diseñar un modelo de programación entera basado en el problema del Agente Viajero para optimizar el proceso de planificación de rutas considerando la cobertura de la ciudad, manteniendo la división de las 8 zonas actualmente establecidas; de igual manera aumentando la disponibilidad de los vehículos.

2.4.2 Sistema de evaluación de las propuestas de mejoras

Una vez identificados las 3 posibles mejoras se procedió a evaluarlas por 3 factores: Impacto, costo y tiempo de implementación.

Para evaluar el impacto se realizó una calificación de cada propuesta, la cual consistió en la asignación de un puntaje entre 0 y 10 dependiendo del nivel de impacto que influye en las causas encontradas en el diagrama de Ishikawa mostrada anteriormente. En la tabla 2.10 se muestra la forma de evaluación.

Tabla 2.10 Evaluación Nivel de Impacto

Causas	Posibles Soluciones		
	A	B	C
Acumulación de quejas.	8	9	8
Trabajos de un turno en el día o tarde por sector	6	9	7
Retrabajo por generación de OT	5	4	9
Sobrecarga al personal por la realización de otras actividades.	4	6	9
Disponibilidad limitada de camiones para la solución de quejas de alumbrado público.	10	5	9
Enfoque individual por parte de digitadores y supervisores.	0	8	10
Total (I)	33	41	52

Fuente: Elaboración propia

Para complementar esta evaluación, se elaboró esta escala de evaluación con 3 niveles: alto, medio y bajo para establecer el nivel de impacto de cada posible mejora. En la tabla 2.11 se muestra la escala.

Tabla 2.11 Escala Nivel de Impacto

NIVEL DE IMPACTO	DEFINICIÓN
HIGH	Contribuye significativamente a la eliminación de las causas asociadas. el rango es: $I > 40$ puntos
MEDIUM	Contribuye parcialmente a la eliminación de las causas asociadas. El rango es: $20 \leq I \leq 40$
LOW	No contribuye a la eliminación de las causas asociadas sin tomar en cuenta las restricciones del problema. El rango es: $I < 20$

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se elaboró una escala para evaluar los siguientes 2 factores, en las tablas 2.12 y 2.13 se muestran la escala para el factor costo y tiempo de implementación respectivamente.

Tabla 2.12 Escala Nivel de Costo

NIVEL DE COSTO	RANGO DE COSTO
ALTO	$> \$ 50.000$
MEDIO	$\$ 5000 - \$ 50.000$
BAJO	$0 - \$ 5000$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.13 Escala Nivel de tiempo

NIVEL DE TIEMPO	RANGO DE TIEMPO
ALTO	Mayor a 7 meses
MEDIO	Entre 1 y 7 meses
BAJO	Menor a 1 mes

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Evaluación de las propuestas de mejoras

Una vez establecido la manera de evaluar cada factor, se procedió a analizar cada una de las propuestas. La solución óptima será aquella que obtenga un nivel de impacto alto, un nivel de costo bajo y tiempo de implementación bajo. En la tabla 2.14 se muestra el análisis final de las propuestas de mejora.

Tabla 2.14 Matriz de Evaluación de Propuestas

Propuesta de Mejora	Impacto	Nivel de Impacto	Costo	Nivel de costo	Tiempo	Nivel de Tiempo
Adquisición de recursos	Al aumentar la capacidad de atención disminuimos el tiempo de respuesta.	ALTO	Vehículos canasta estándar más la cantidad de personal que se debe contratar por camión es de \$59.500.	ALTO	la adquisición de recursos para la empresa es aproximadamente 1 año.	ALTO
Modelo de asignación de capacidad	Optimizar la capacidad actual de manera tal de mejorar el tiempo de respuesta.	ALTO	Por inversión de nuestro tiempo \$375.	BAJO	La realización de esta propuesta requiere una toma de datos compleja por la cantidad de zonas (8 zonas), el cual es aproximadamente 6 meses.	MEDIO
Modelo de ruteo	Al planificar las rutas se establece la cantidad mínima de solicitudes para atender por zonas para mejorar la utilización y reducir la cantidad de solicitudes pendientes.	ALTO	Por inversión de nuestro tiempo \$375.	BAJO	El tiempo de realizar el modelo de ruteo más el tiempo de capacitación al personal para su uso, aproximadamente es de 1 semana.	BAJO

Fuente: Elaboración propia

Con la información dada en la matriz de evaluación se identificó que la propuesta de mejora es el diseño de un modelo de ruteo debido a su alto impacto, bajo nivel de costo y tiempo de implementación y se lo puede apreciar en la figura 2.14.

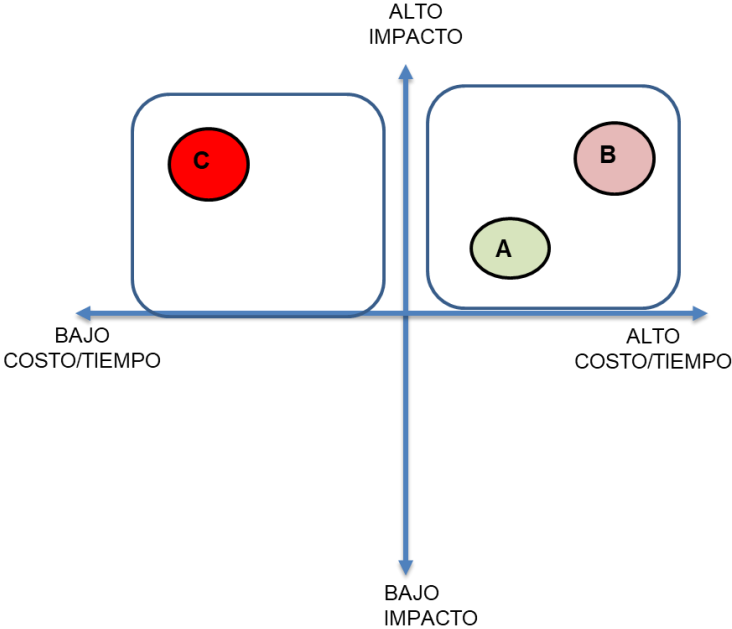


Figura 2.14 Matriz de Impacto-Costo/Tiempo

Fuente: Elaboración propia

2.4.4 Descripción del modelo de programación entera seleccionado

Esta propuesta se basa en el problema del agente viajero(TSP), cuyo objetivo pasar por varios puntos una sola vez minimizando la distancia recorrida, incrementando la cobertura de atención.

Antes de llevarlo a una interfaz en Excel se planteó de forma matemática el modelo a continuación.

FORMULACIÓN DEL MODELO

Antes de definir la función objetivo para el modelo se establece:

$$m \quad (1)$$

$$n = m + 1 \quad (2)$$

$$X_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} 1; \text{ si se visita la luminara } j \text{ despues de visitar la luminaria } i \\ 0; \text{ Otro caso} \end{array} \right\} \quad (3)$$

Además, se establece:

$$d_{ij} = \text{Distancia entre la luminaria } i \text{ y la luminaria } j ; \quad 1 < i \neq j < n \quad (4)$$

entonces tenemos:

$$\text{Función objetivo: Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} \quad (5)$$

Una vez definido la función objetivo se describe las restricciones del modelo, los cuales son:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Las restricciones (6) y (7) describen que solo existe un valor que se pueda ir de i a j la cual toma el valor de "1" caso contrario toma el valor de "0".

En el **apéndice E** se detalla la formulación del modelo en Solver y la interfaz.

2.4.5 Plan de implementación

A continuación, se muestra el plan de implementación de la propuesta de mejora seleccionada.

2.4.5.1 Modelo de ruteo

Se planteó dentro del proceso de gestión de atención de alumbrado público el modelo de programación entera, el cual permitirá optimizar la distancia a recorrer y a su vez poder realizar más incidentes en el día. En la tabla 2.15 se observa el plan de implementación.

Tabla 2.15 Plan de implementación

Objetivo	Diseñar un modelo de programación entera basado en el problema del Agente Viajero para optimizar el proceso de planificación de rutas considerando la cobertura de la ciudad, manteniendo la división de las 8 zonas actualmente establecidas; de igual manera aumentando la disponibilidad de los vehículos.	
Factor Crítico	La ruta es realizada por el conductor debido a que la empresa no realiza una planificación de rutas	
Justificación:	Porque existe un elevado tiempo de atención a quejas, debido a que poseen baja disponibilidad de los vehículos generando acumulación de quejas obteniendo un bajo nivel de servicio al cliente.	
Lugar	Entre la etapa de liberación y ejecución del proceso de gestión de atención de alumbrado público	
Responsables	Giancarlo Sánchez -Javier Torres	
Costo	**	
Tiempo de implementación	2 semanas	
implementación		
Actividades	Responsables	Duración
Elaboración del prototipo Modelo de ruteo	<ul style="list-style-type: none"> • Giancarlo Sánchez • Javier Torres 	11 días
Socializar el modelo con los responsables de las actividades involucradas (Liberación y Ejecución)	<ul style="list-style-type: none"> • Giancarlo Sánchez • Javier Torres 	1 día

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

Con la implementación del modelo en la empresa se logró una disminución del Tiempo de atención a quejas comparando los datos de solución a quejas ejecutados durante 5 días. En este periodo se analizaron 171 casos, cuyo tiempo de atención fue de 77 horas en promedio, mientras para el análisis del tiempo de atención a quejas por la situación se tomaron los datos de la etapa de recolección de datos analizándose 177 casos , cuyo tiempo de atención fue de 120 horas en promedio. Es decir, se redujo en un 36 % el tiempo de atención a quejas.

En las Tabla 3.1 y 3.2 se muestra los resultados obtenidos de la prueba piloto del tiempo de atención a quejas en la situación actual y de mejora correspondientemente.

Tabla 3.1 Resultado de la Situación Actual

INFORMACIÓN DE TRÁMITE SAR (AReports)						DETALLE DE IMPRESIÓN - SAR						CIERRE DE ORDENES - SAR						
# SUMINIS TRO	SECTOR	NOMBRE	MES	ESTADO	ZONA	DIGITADO	SAP	PLAN	HORARIO	OK	DIGITADOR	RECIBI	SAP	# OT	OT ASIGNADA	OK	ct'	CT
4,02E+08	TANCA MARENGO-VIA DAULE	REGALADO PESO CARLOS LUIS	OCTUBRE	Finalizada		0	0	0	0:00	0	0	FRANCIS	0	0	0	0	108:49:00	108,8167
4,01E+08	FERUM-VIA DAULE I	ARMIJOS ROSA NATALIA	OCTUBRE	Finalizada		RONALD	SI	SI	13H15	OK	JUAN	AGUILAR	0	0	0	0	104:26:00	104,4333
4,02E+08	TANCA MARENGO-VIA DAULE	JAMA GUERRERO VICTOR MANUEL	OCTUBRE	Finalizada		RONALD	SI	SI	13H15	OK	JUAN	FRANCIS	0	0	0	0	108:47:00	108,7833
4,01E+08	C.J.AROSEMENA-VIA CDSTA	NAULA LLANGARL, DANIEL R.	OCTUBRE	Finalizada		RONALD	SI	SI	13H15	OK	JUAN	PEÑAFIEL	0	0	0	0	106:48:00	106,8
.
.
.
4E+08	TANCA MARENGO-VIA DAULE	CEDEÑO BRAYO LASTENIA EFIGENIA	OCTUBRE	Finalizada		0	0	0	0:00	0	0	AGUILAR	0	0	0	0	108:36:00	108,6
4E+08	MAPASINGU E	CHANCAY ALFONSO HOLGER	OCTUBRE	Finalizada		0	0	0	0:00	0	0	AGUILAR	0	0	0	0	108:25:00	108,4167
4,01E+08	TANCA MARENGO-VIA DAULE	PROPIETARIOS DE URBANIZACION	OCTUBRE	Finalizada		0	0	0	0:00	0	0	FRANCIS	0	0	0	0	207:00:00	207
TIEMPO DE ATENCIÓN																		120,78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 Resultado de la Situación de mejora

INFORMACIÓN DE TRÁMITE SAR (AReports)						DETALLE DE IMPRESIÓN - SAR						CIERRE DE ORDENES - SAR					
# SUMINISTRO	SECTOR	NOMBRE	MES	ESTADO	ZONA	DIGITADOR	SAR	PLAN C	OK	DIGITADOR	RECIBF	SAR	# OT	OT ASIGNADA	OK	et'	CT
4,01E-08	FERUM-VIA DAULE I	VARGAS., BELGICA YOYANNY	ENERO	Finalizado	*	RONALD	SI	SI	OK	JUAN	AGUILAR	0	0	0	0	104:27:00	104,45
4,01E-08	TANCA MARENGO-VIA DAULE	LEON MONTEL ELISA ARCADIA	ENERO	Finalizado	*	RONALD	SI	SI	OK	JUAN	BERNAL	0	0	0	0	129:54:00	129,9
4,01E-08	FERUM-PERIMETRAL III	BRAYO VELEZ., MEY LEONARDO	ENERO	Finalizado	*	RONALD	SI	SI	OK	JUAN	DUARTE	0	0	0	0	154:47:00	154,7833
4,01E-08	GUASMO - TRINITARIA	ANTEPARA LEON VIOLETA GERMANIA	ENERO	Finalizado	*	RONALD	SI	SI	OK	JUAN	URGILES	0	0	0	0	84:56:00	84,93333
.
.
.
BARQUIA-SAMANES-GUAYACANES	ALBA CALLE OSCAR FERNANDO		FEBRERO	Finalizado	*	0	0	0	0	0	BERNAL	0	0	0	0	63:36:00	63,6
GUASMO - TRINITARIA	GHERARDI ANTON MARIA PERPETUA		FEBRERO	Finalizado	*	0	0	0	0	0	URGILES	0	0	0	0	81:03:00	81,05
KENNEDY-ATARAZANA AV.AMERICAS	FRANCO MEZA., MELISSA YERONICA		FEBRERO	Finalizado	*	0	0	0	0	0	DE ANDRES	0	0	0	0	81:21:00	81,35
FERUM-VIA DAULE IV	BAILON BAILON., SANTIAGO V.		FEBRERO	Finalizado	*	RONALD	SI	SI	OK	JUAN	DUARTE	0	0	0	0	64:04:00	64,06667
TIEMPO DE ATENCION																	77,684

Fuente: Elaboración propia

3.1 Análisis estadísticos de los resultados luego de la prueba piloto

Para evidenciar de forma estadística la reducción del tiempo de atención de quejas, se realiza la prueba de normalidad de los datos de la situación actual y mejora.

Situación actual

H_0 : El tiempo de atención a quejas para la situación actual siguen una distribución normal.

H_1 : El tiempo de atención a quejas para la situación actual no siguen una distribución normal.

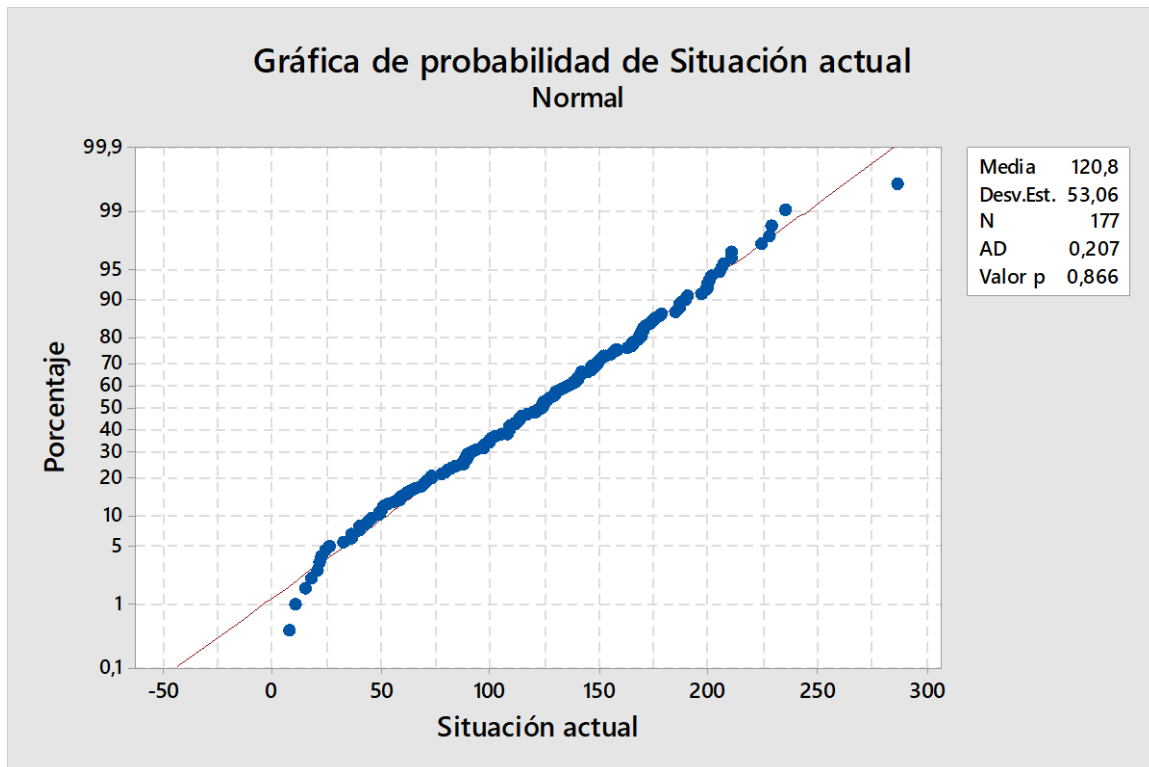


Figura 3.1 Test de Normalidad para el tiempo de atención a quejas Situación Actual

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3.1, con un valor p de 0.866 ($p > 0.05$) existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca del tiempo de atención a quejas para la situación actual siguen una distribución normal.

Mejora

H₀: El tiempo de atención a quejas para la mejora siguen una distribución normal.

H₁: El tiempo de atención a quejas para la mejora no siguen una distribución normal.

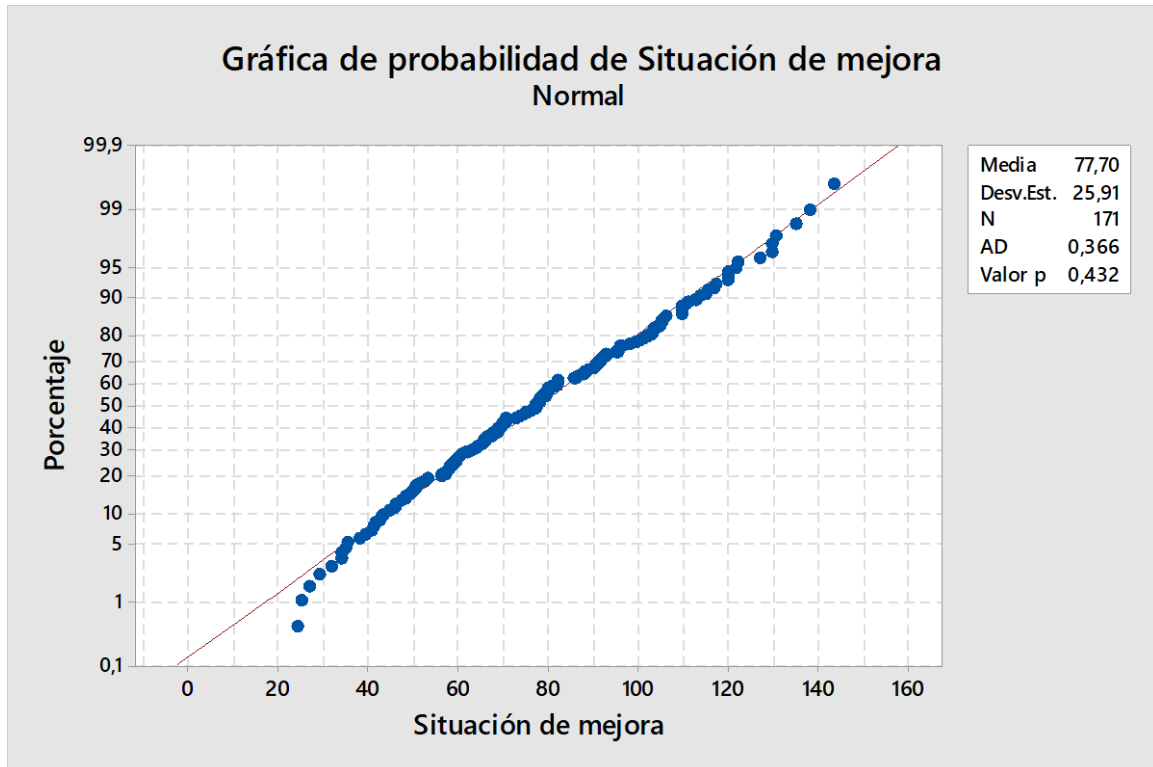


Figura 3.2 Test de Normalidad para el tiempo de atención a quejas en Mejora

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3.2, con un valor p de 0.432 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca del tiempo de atención a quejas para la mejora siguen una distribución normal.

Una vez demostrado la normalidad de los datos se procede a realizar un análisis de diferencia de media para corroborar la reducción del tiempo de atención a quejas.

Prueba T e IC de dos muestras: Situación actual; Situación de mejora

Método

μ_1 : media de Situación actual

μ_2 : media de Situación de mejora

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Situación actual	177	120,8	53,1	4,0
Situación de mejora	171	77,7	25,9	2,0

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
43,11	(34,34; 51,88)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
9,68	257	0,000

Figura 3.3 Prueba de hipótesis para diferencia de medias

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3.3, con un valor p de 0.00 ($p < 0.05$), por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 % existe suficiente evidencia estadística para afirmar que las medias entre la situación actual y la situación con mejora son diferentes.

Con este resultado podemos confirmar la reducción del tiempo de atención a quejas, en la figura 3.4 se observa de manera gráfica los escenarios:

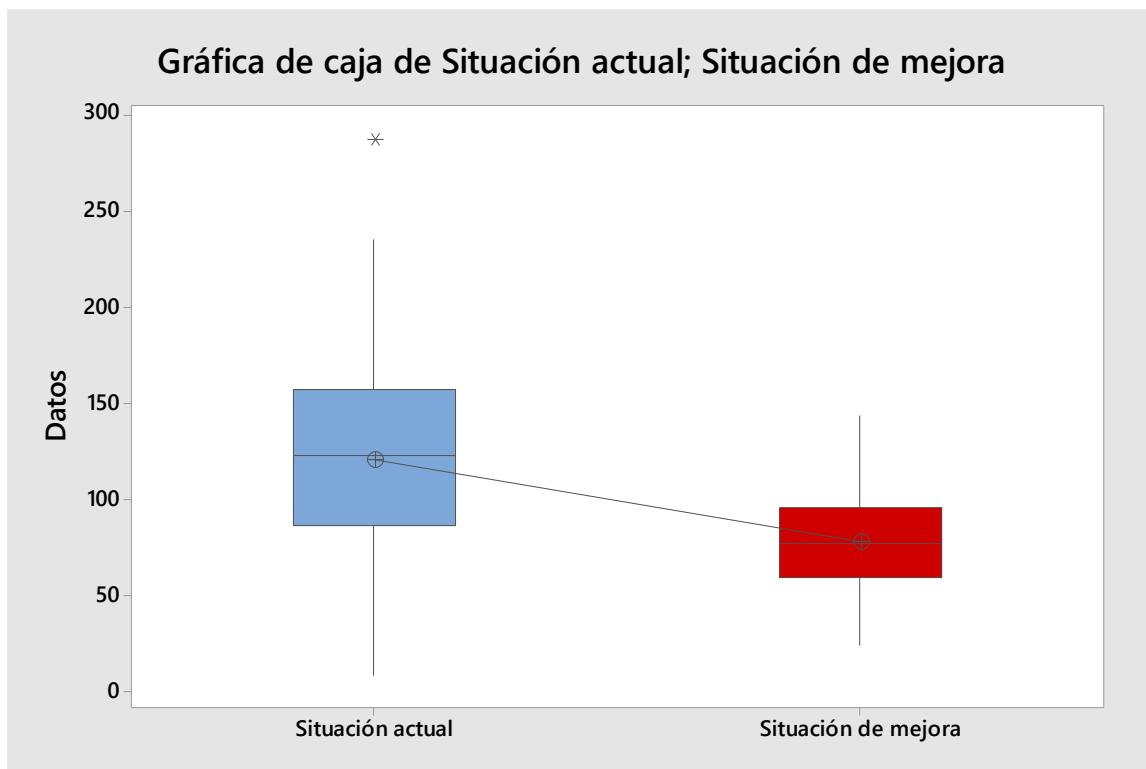


Figura 3.4 Gráfico de cajas: Tiempo de atención a quejas Actual vs Mejora

Fuente: Minitab 18, 2018.
Elaboración propia

3.2 Controles para la sostenibilidad del proyecto.

Para mantener la sostenibilidad del uso del modelo de programación entera se ha realizado un plan de Control para dicho objetivo. A continuación, en la figura 3.5 se muestra el plan de control. Con la utilización del prototipo se modifica el Diagrama de Flujo de Proceso la cual se observa en el **apéndice C**.

Plan de Control

Nombre del supervisor:		Fecha:		Reporte a:			
Qué	Actividades	cuando	Quién	Dónde	Cuánto	Porqué	Cómo
El continuo uso del Prototipo de Ruteo	Revisar que las coordenadas ingresadas sean desde Google Maps	Diario	Supervisor	En la etapa de liberación del proceso	sin costo	Porque se necesita controlar Y mejorar el tiempo de Respuesta la cual es publicada de manera pública en la pagina web de la empresa y exigida por un ente regulador.	Siguiendo el manual del prototipo entregado a los supervisores.
	revisar que se entregue la hoja de ruteo a cada conductor						imprimiendo hoja de ruta dada por el programa
	Revisar el indicador del Tiempo de respuesta al final del mes	Mensual					comparando el tiempo de respuesta del mes con la métrica establecida

Figura 3.5 Plan de Control para el seguimiento del Modelo

Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar en la figura 3.5 se menciona la impresión de la hoja de ruta previa a la ejecución, dicha hoja se puede visualizar en el **Apéndice D**, además se resalta la observación del indicador del tiempo de atención a quejas, la cual hemos establecido el tablero del control para el indicador mencionado que se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Tablero de control del indicador

Indicador	Métrica	Meta	Rangos	Estado	Frecuencia
Tiempo de atención a queja	$CT = \text{Fecha de cierre} - \text{Fecha de apertura}$ $\sum \frac{CT}{n}$	72 horas	0 <= CT <= 72 h	Excelente	Cada 15 días
			72h <= CT <= 96h	Satisfactorio	
			CT > 96h	Por mejorar	

Fuente: Elaboración propia

3.3 Análisis Costo Beneficio.

Con la finalidad de determinar la viabilidad del modelo, se analizaron los costos y beneficios directa o indirectamente involucrados en el proyecto, los mismos que de ser beneficioso deben mostrar un factor de relación mayor a 1.

Para el siguiente análisis, se estudia el escenario donde los costos son establecidos en la situación inicial del estudio y los beneficios son generados por las implementaciones del modelo de programación entera. A continuación, en las tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, y 3.9 se analizan los costos.

Tabla 3.4 Costo mensual de supervisores.

Descripción	Cantidad	Total
Costo mensual de supervisores	8	\$ 9.960,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Costo mensual asociado por quejas no solucionadas.

Descripción	Cantidad	Total
Salario mensual de una cuadrilla	\$ 1.500,00	
Días laborables	22	
Salario diario de una cuadrilla	\$ 68,18	
Cantidad promedio de quejas diario	7	
Costo asociado por quejas diario	\$ 9,74	
Cantidad promedio mensual de quejas no solucionadas	132	
Costo mensual asociado por quejas no solucionadas		\$ 1.285,71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Costo mensual de combustible.

Descripción	Cantidad	Total
Km promedio total	45000 km	
Km por galón de diesel	25000 km	
Galón promedio diario por km	1,8 galones	
Costo del galón de diesel	\$ 1,04	
Cantidad de camiones	12	
Costo mensual de combustible		\$ 494,21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Costo por capacitación.

Descripción	Cantidad	Total
Costo por Capacitación		\$ 187,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Costo mensual por uso del modelo

Descripción	Cantidad	Total
Salario mensual de 8 supervisores	\$ 9.960,00	
Días laborables	22	
Salario por hora de 8 supervisores	\$ 56,59	
Cantidad de tiempo mensual por uso del programa	12 horas	
Costo por uso del programa mensual		\$ 679,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Costo por implementación

Descripción	Cantidad	Total
costo por implementación		\$ 30,00

Fuente: Elaboración propia

El costo total mensual es de:

Tabla 3.10 Costo por implementación

Costos asociados (mensual)	
Salario del supervisor (8 supervisores)	\$ 9.960,00
Costo asociado a quejas	\$ 1.285,71
Costo por combustible	\$ 494,21
Costo por capacitación	\$ 187,50
Costo del tiempo de uso del modelo	\$ 679,09
Costo por implementación	\$ 30,00
Costo total	\$ 12.636,51

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 3.11, 3.12 y 3.13 se muestra los beneficios por la implementación.

Tabla 3.11 Reducción de Costo mensual por solución de que quejas adicionales

Descripción	Cantidad	Total
Salario diario de una cuadrilla	\$ 68,18	
Cantidad promedio de quejas diario	12	
Costo asociado por quejas diario	\$ 5,68	
Cantidad adicional de quejas por implementación diario	6	
Reducción de costos por quejas adicionales		\$ 750,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Reducción mensual de combustible

Descripción	Cantidad	Total
Km promedio total	35000 km	
Km por galón de diesel	25000 km	
Galón promedio diario por km	1,4 galones	
Costo del galón de diesel	\$ 1,04	
Cantidad de camiones	12	
Costo mensual de combustible	\$ 384,38	
Reducción mensual de combustible		\$ 109,82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Compra adicional del camión canasta

Descripción	Cantidad	Total
Compra adicional de un camión canasta	1	\$ 58.000,00

Fuente: Elaboración propia

La empresa este considerando comprar un camión canasta, pero con la situación actual de la cantidad de recursos de camiones se puede satisfacer la demanda sin la necesidad de otro camión.

El beneficio total se muestra en la tabla 3.14 y es:

Tabla 3.14 Beneficio por la implementación del modelo

Beneficios (mensual)	
Reducción de costos por quejas	\$ 750,00
Reducción de costos x combustibles	\$ 109,82
Compra adicional de un camión canasta	\$ 58.000,00
Beneficio Total	\$ 58.859,82

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los resultados de costos y beneficios del prototipo implementado, se calculó el indicador de la viabilidad del proyecto.

$$\frac{B}{C} = 4.7$$

Dado que el factor B/C es mayor a 1, podemos afirmar que el proyecto es rentable.

CAPÍTULO 4

4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- Se evidencio que la empresa maneja un elevado tiempo de respuesta en las quejas de alumbrado público con un 49% del tiempo en la etapa de liberación.
- Se determinó que el elevado tiempo de respuesta está ligada a que la empresa realiza el ruteo de manera ineficiente, así como una ineficiente distribución de carga laboral.
- Se diseñó un modelo de programación entera basado del problema del agente viajero, programado en Visual Basic y Solver con la interfaz de Excel.
Se realizó una prueba piloto con el prototipo desarrollado en donde se evidenció una reducción del tiempo de atención a quejas en un 36%.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que los camiones que no poseen alta carga laboral, hagan recorridos en zonas aledañas que presenten mayor cantidad de quejas.
- Se recomienda que los camiones sean compartidos.
- Se recomienda que los camiones salgan con un pequeño stock de materiales para reparar luminarias, de tal manera que no generen órdenes de trabajo.
- Se recomienda que camiones canasta salgan con escalera para que puedan atender en zonas peatonales.
- Registrar en el sistema SAR el instante de tiempo de la llamada del cliente y el tiempo exacto de solución de la queja.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCONEL. (2017). *Ecuador ama la vida*. Obtenido de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/05/014-17-Proyecto_de_regulaci%C3%B3n_de_aplicaci%C3%B3n_de_sanciones.pdf.
- Beck, C. (2017). *Principles and Practice of Constraint Programming*. Melbourne: Beck Christopher (Ed.).
- Benassini, M. (2004). *Introducción a la investigación de Mercado, un enfoque para América Latina*. México: Prentice Hall.
- Betancourt, D. (4 de agosto de 2017). *Ingenio Empresa*. Obtenido de <https://ingenioempresa.com/diagrama-sipoc/>
- CONELEC. (2011). *Ecuador ama la vida*. Obtenido de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/05/014-17-Proyecto_de_regulaci%C3%B3n_de_aplicaci%C3%B3n_de_sanciones.pdf.
- David L. Applegate, R. E. (2007). *The Traveling Salesman Problem*. USA: Princeton University Press.
- Gonzalez, H. (2012). *Calidad y gestión*. Obtenido de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/05/014-17-Proyecto_de_regulaci%C3%B3n_de_aplicaci%C3%B3n_de_sanciones.pdf.
- Izquierdo, C. F. (2016). *Ingeniería de automatización*. Obtenido de <https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com/2016/10/03/los-5-porques-5-whys/>
- Joseph Barnard, W. (2004). *Mas allá de Seis Sigma. Estrategia para Generar Valor*. España: Juran Institute.
- Matarranz, A. (2014). *MeaningCloud*. Obtenido de <https://www.meaningcloud.com/es/blog/analizando-la-voz-del-cliente-voc-en-el-sentiment-analysis-symposium>

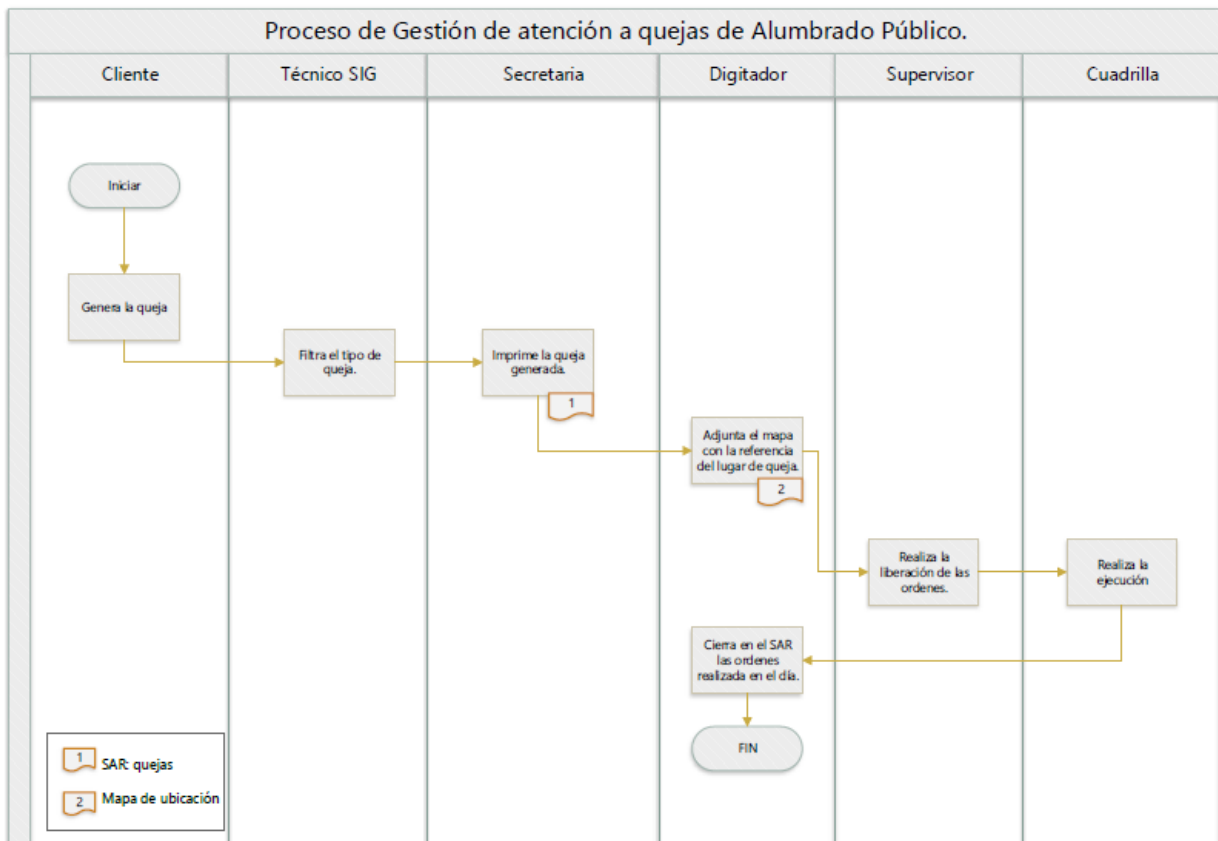
Pavón, R. C. (2018). *Buildin Infrasructure by Fostering Engineering Collaboration, Efficiente and Effective Integration and Innovative Planning*. USA: LACCEI.

Roberto José Herrera Acosta, T. J. (2002). *Seis Sigma Método Estadísticos y sus aplicaciones*. México: McGraw-Hill.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Planos Esquemáticos



Apéndice B

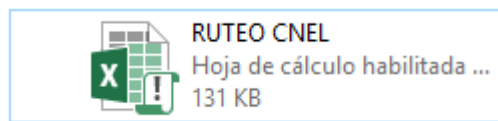
Manual para Capacitación

MANUAL DE USUARIO DE HERRAMIENTA DE RUTEO

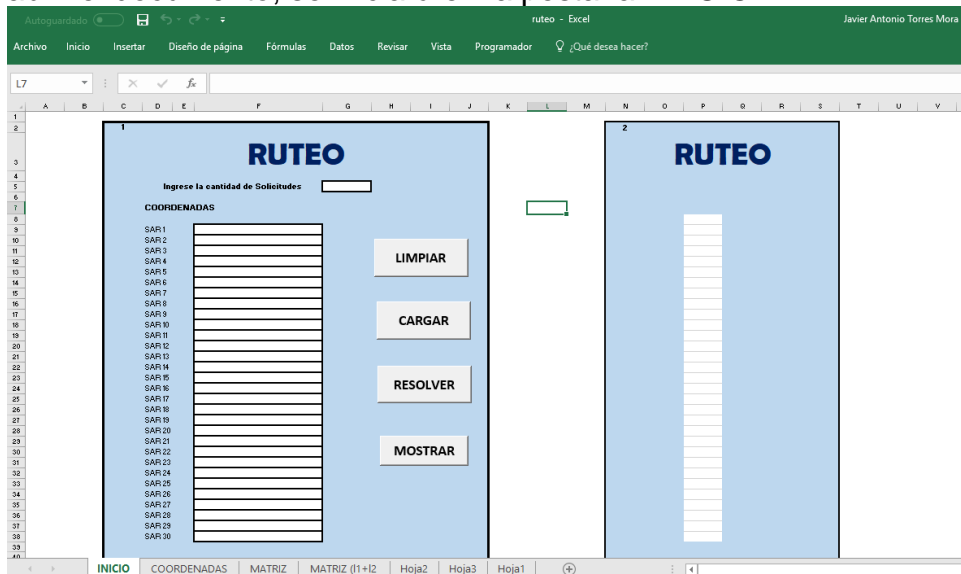
Se ha realizado un manual para que el usuario pueda generar fácilmente el orden en el cual el vehículo tendrá que ir atendiendo los incidentes.

INTRODUCCIÓN A HERRAMIENTA DE RUTEO

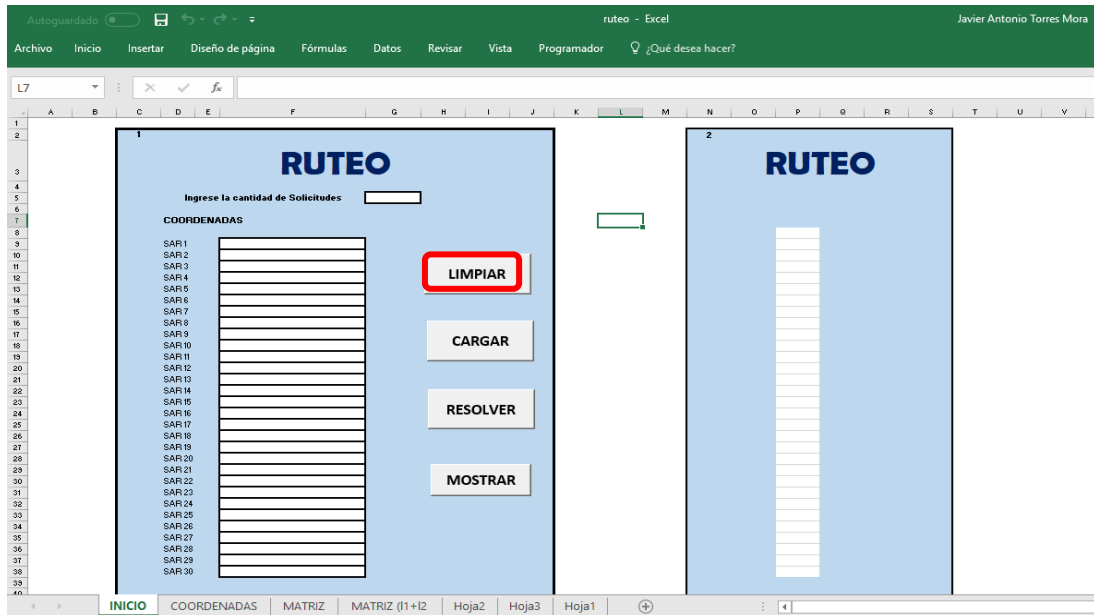
1. Abrir documento RUTEO CNEL.



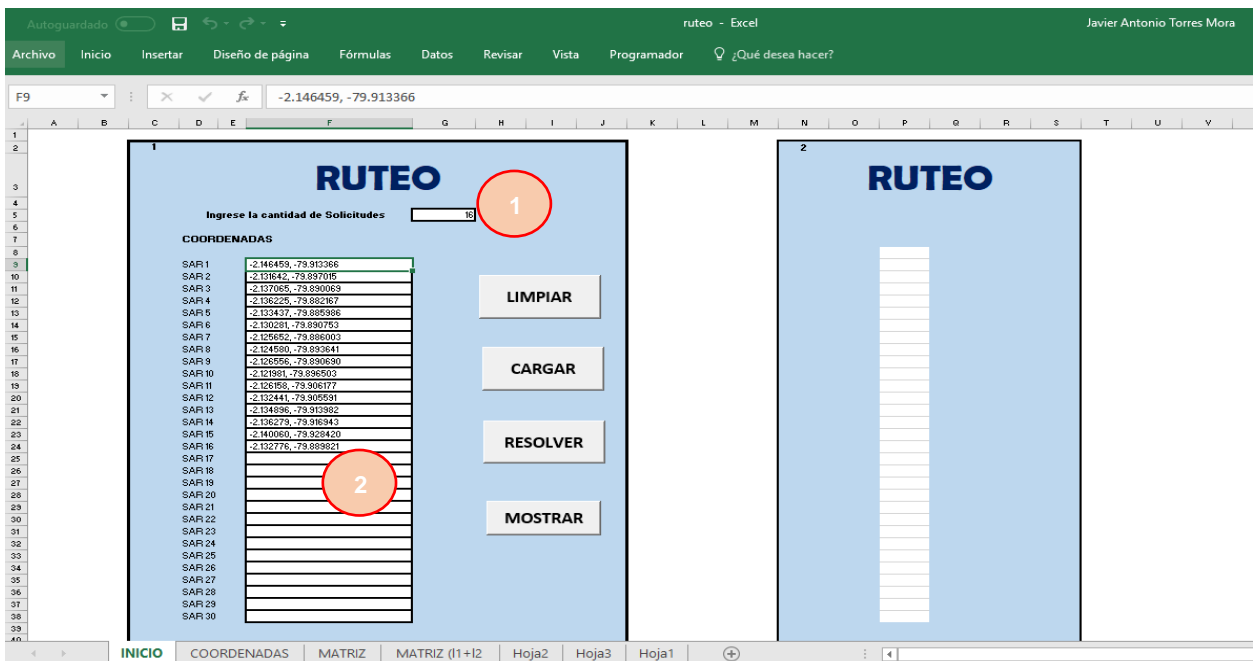
2. Al abrir el documento, se iniciará en la pestaña “INICIO”.



3. Una vez que el programa este abierto, se debe dar click en el botón “LIMPIAR” para eliminar datos cargados no deseados.



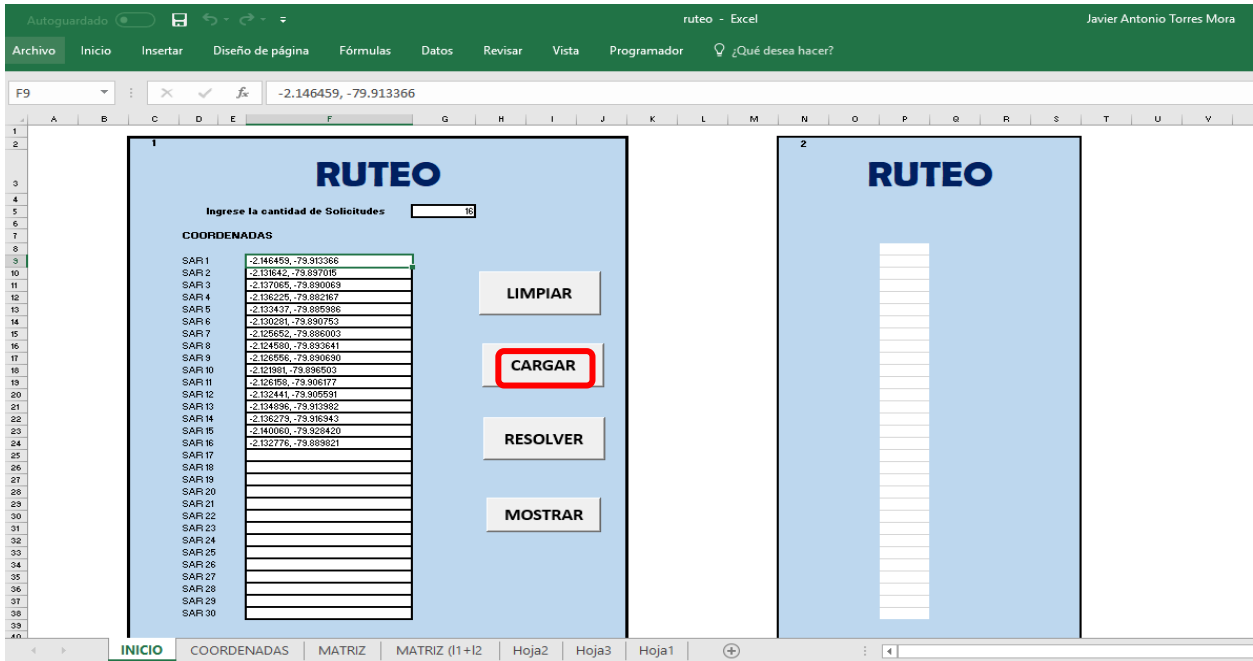
4. Luego de que se haya limpiado, se debe ingresar la cantidad de solicitudes a reparar, Luego las respectivas coordenadas geográficas que son obtenidas de Google maps.



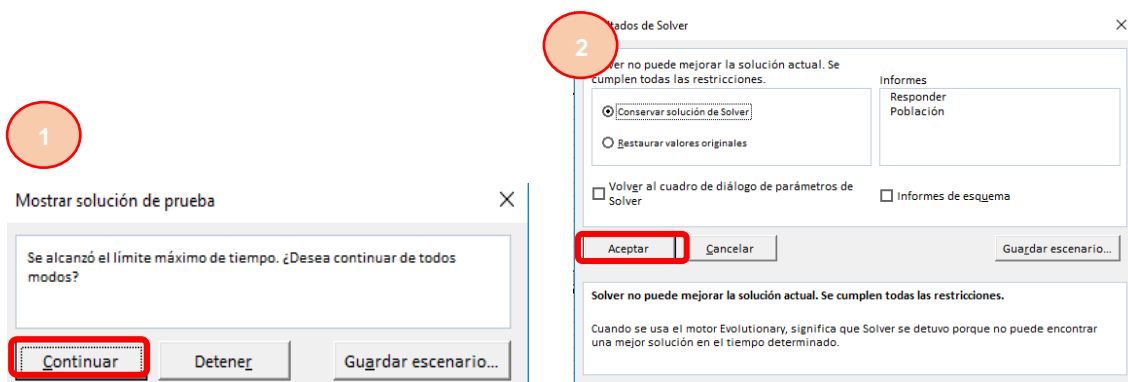
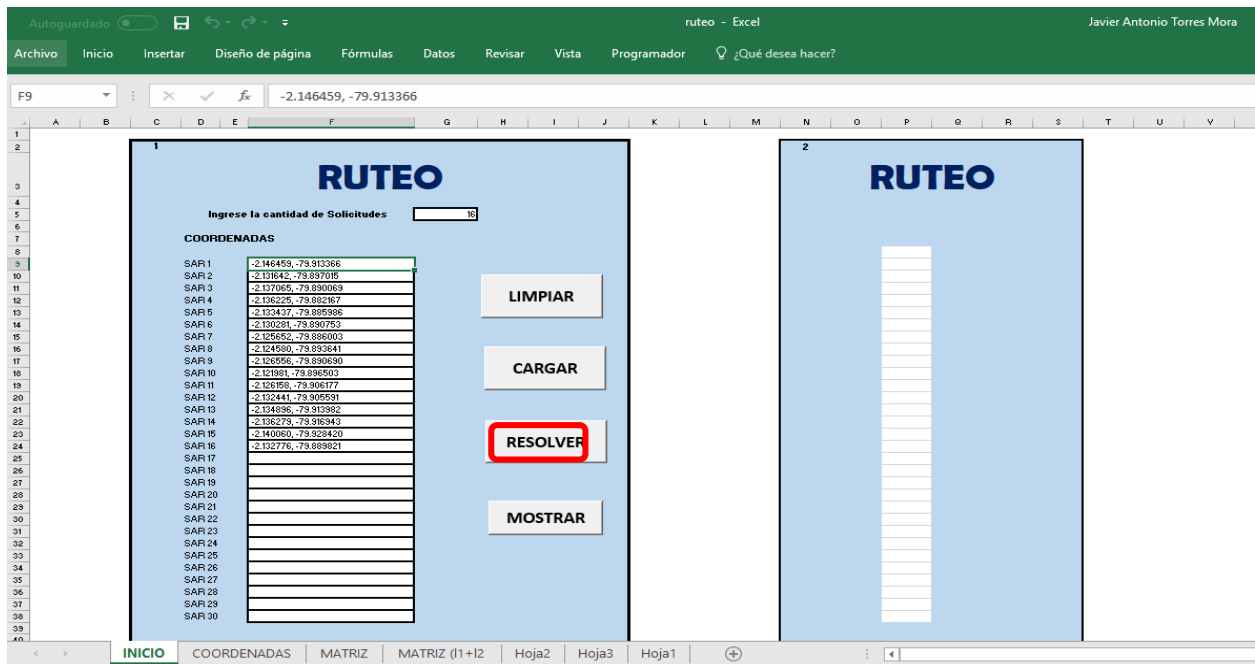
1 Cantidad de solicitudes a reparar.

2 Coordinadas geográficas de las solicitudes.

5. Una vez lleno los campos, se debe cargar la información haciendo click en el botón “CARGAR” .



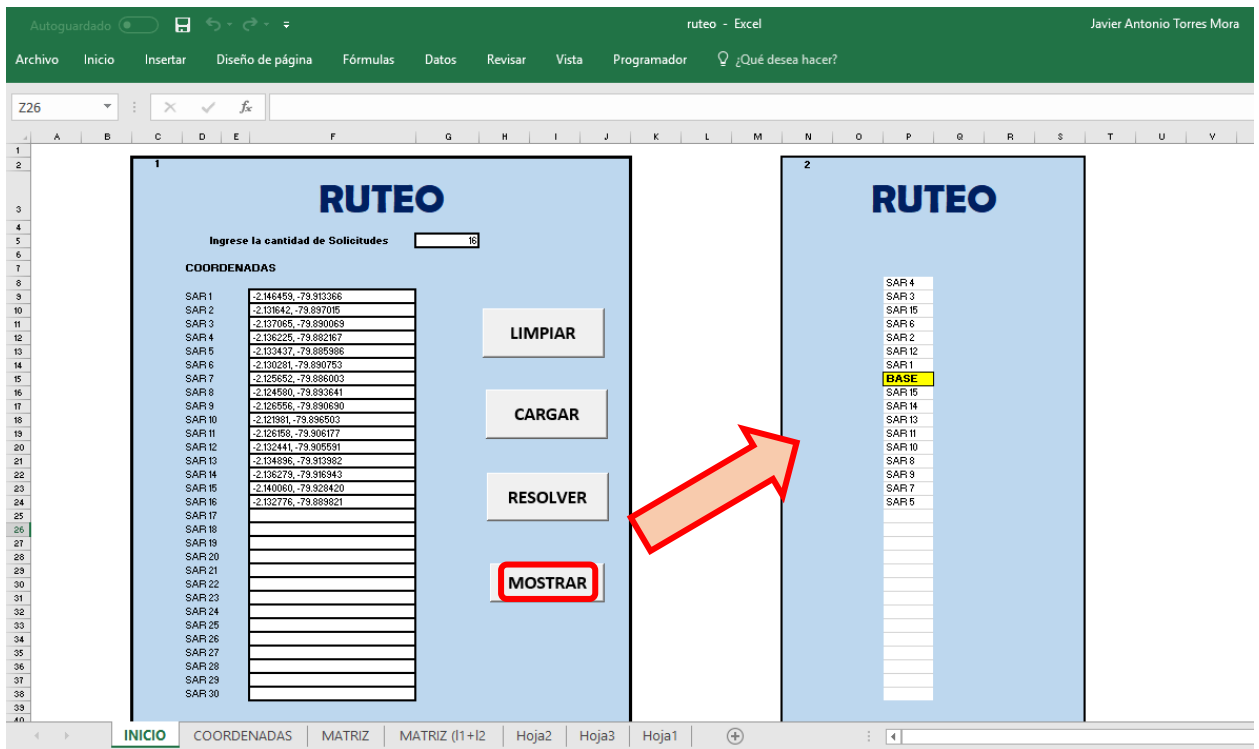
6. Una vez cargada la información al programa, se debe dar click en “RESOLVER” y esperar que le salgan los mensajes.



1 En el mensaje de *MOSTRAR SOLUCION DE PRUEBA* se debe dar click en el botón "CONTINUAR".

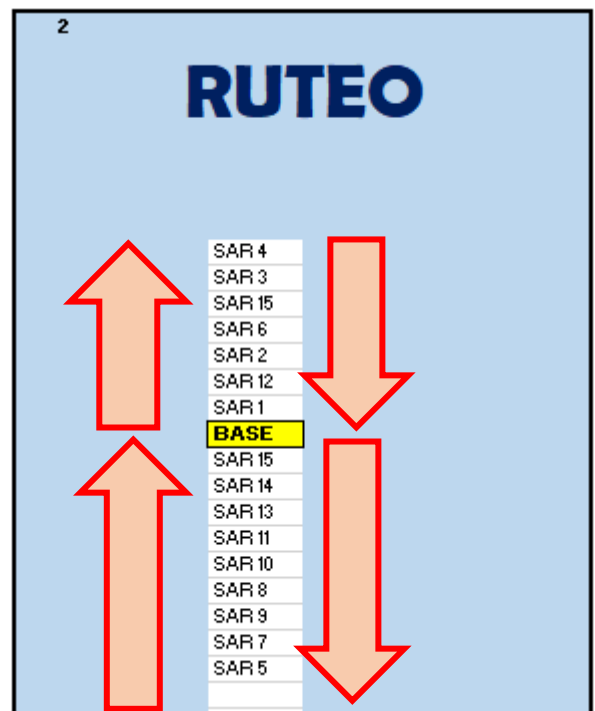
2 En el mensaje de *RESULTADOS DE SOLVER* se debe dar click en el botón "ACEPTAR".

7. Como último paso se debe dar click en el botón “MOSTRAR” para poder visualizar en la sección número 2, la secuencia de ruteo óptima.



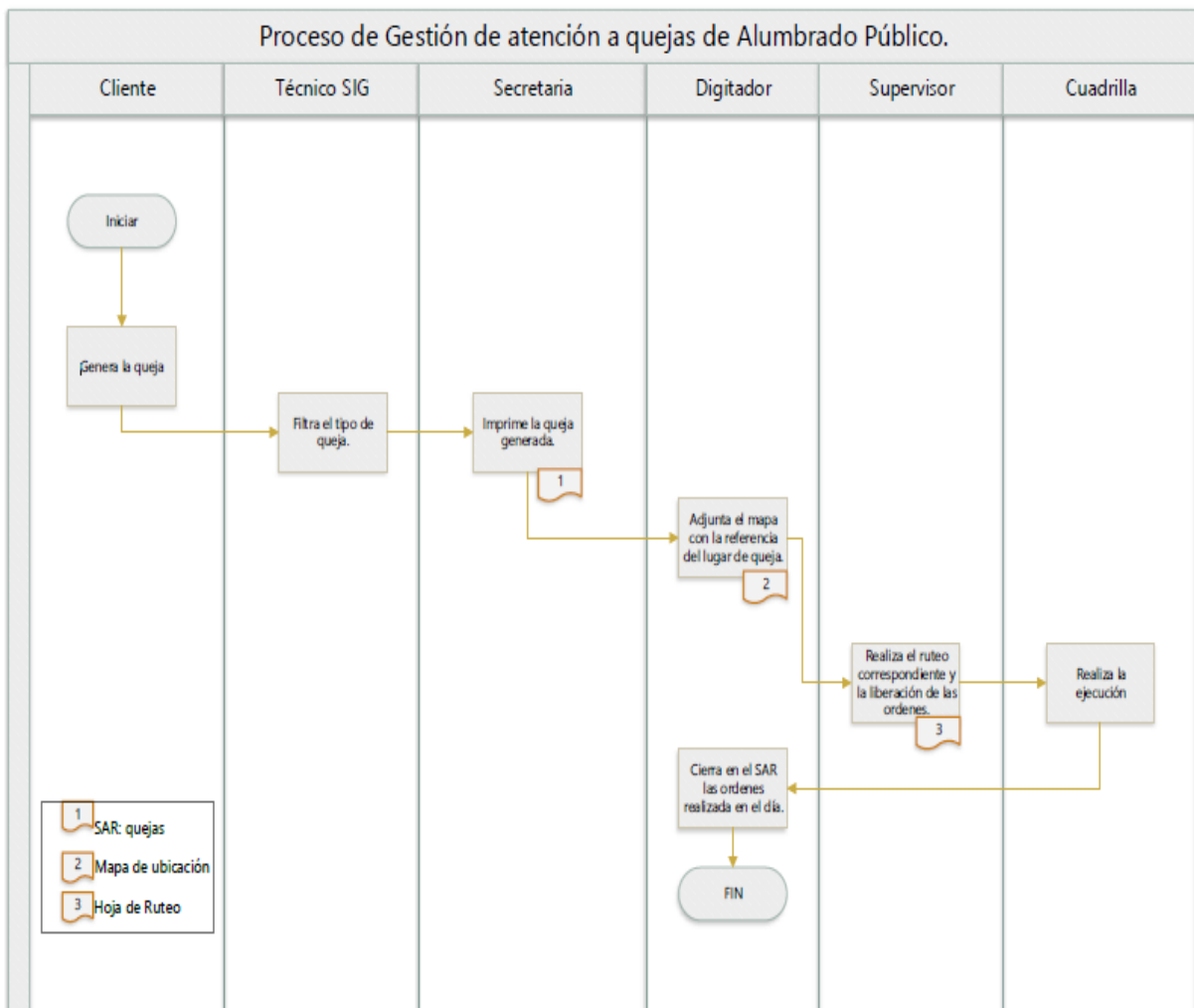
En el resultado se debe tomar como referencia la base, que es el punto de donde parten todos los vehículos hacia los diferentes puntos.

Al ser flexible se puede realizar una asignación ascendente o descendente, tomando como referencia la base.



APÉNDICE C

Planos Esquemáticos modificado



APÉNDICE E

Formulación del modelo en Solver

Para el desarrollo de la interfaz amigable en Excel, se llevó a lenguaje de programación de Visual Basic la función objetivo junto con las restricciones. En dicha interfaz se ingresa información necesaria para la asignación de ruta de cada camión.

Constante

Como constante se define la coordenada (x. y) del punto inicio/fin de la ruta, el cual es el punto Base de la empresa se muestra marcada dicha coordenada.

NODOS	COORDENDAS	Y	X
1	-2.162780, -79.926765	-2.16278	-79.92676
2	-2.146459, -79.913366	-2.14645	-79.91336
3	-2.131642, -79.897015	-2.13164	-79.89701
4	-2.137065, -79.890069	-2.13706	-79.89006
5	-2.136225, -79.882167	-2.13622	-79.88216
6	-2.133437, -79.885986	-2.13343	-79.88598
7	-2.130281, -79.890753	-2.13028	-79.89075
8	-2.125652, -79.886003	-2.12565	-79.88600
9	-2.124580, -79.893641	-2.12458	-79.89364
10	-2.126556, -79.890690	-2.12655	-79.89069
11	-2.121981, -79.896503	-2.12198	-79.89650
12	-2.126158, -79.906177	-2.12615	-79.90617

Además, se calcula de la matriz de distancia entre los puntos de incidencia en Excel con las coordenadas obtenidas de Google maps.

B6 `=+RAIZ((COORDENADAS!C5-COORDENADAS!C4)^2+(COORDENADAS!D5-COORDENADAS!D4)^2)`

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
2		matriz	12										
3													
4	Nodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
5	1	1000000	2112	4307	4482	5191	5024	4851	5514	5056	5112	5080	
6	2		1000000	2206	2512	3283	3032	2780	3437	2945	3017	2972	
7	3			1000000	881	1554	1117	641	1253	782	811	967	
8	4				1000000	794	546	682	1211	1298	1053	1640	
9	5					1000000	473	1044	1125	1635	1289	2021	
10	6						1000000	572	778	1170	834	1555	
11	7							1000000	663	839	373	1010	
12	8								1000000	771	478	1112	
13	9									1000000	355	387	
14	10										1000000	739	
15	11											1000000	
16	12												1000000
17		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Variables

Las variables para este modelo son 2:

- **Cantidad de quejas.** - este valor debe ser actualizado diariamente cada vez que se actualiza el prototipo de ruteo una vez que se haya presionado el botón limpiar del modelo.
- **Coordenadas de los puntos de incidentes.** – una vez que se ingrese las coordenadas (x, y), se cargan sobre la interfaz realizada en Excel. A continuación, se muestra la interfaz

RUTEO

Ingrese la cantidad de Solicitudes

COORDENADAS

SAR 1	-2.146459, -79.913366
SAR 2	-2.131642, -79.897015
SAR 3	-2.137065, -79.890069
SAR 4	-2.136225, -79.882167
SAR 5	-2.133437, -79.885986
SAR 6	-2.130281, -79.890753
SAR 7	-2.125852, -79.886003

FORMULACIÓN DEL MODELO

Antes de definir la función objetivo para el modelo se establece:

$$m \quad (1)$$

$$n = m + 1 \quad (2)$$

$$X_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} 1; \text{ si se visita la luminara } j \text{ despues de visitar la luminaria } i \\ 0; \text{ Otro caso} \end{array} \right\} \quad (3)$$

en la programación de Excel se demuestra en binario de la siguiente manera:

do	1	2	3	4	5	6	7
1	1000000						
2		2112					
3			4307				
4				2206			
5					881		
6						1554	
7							1117
8							
9							
10							
11							

Esta formulación permite escoger la menor distancia entre los nodos de todos los posibles caminos que se genera.

$$d_{ij} = \text{Distancia entre la luminaria } i \text{ y la luminaria } j ; \quad 1 < i \neq j < n \quad (4)$$

Además, se establece:

Entonces tenemos:

$$\text{Objetivo: minimizar} \quad Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} \quad (5)$$

Una vez definido la función objetivo se describe las restricciones del modelo, los cuales son:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; j = 1, 2 \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; i = 1, 2 \dots, n \quad (7)$$

Las restricciones (6) y (7) describen que solo existe un valor que se pueda ir de i a j la cual toma el valor de "1" caso contrario toma el valor de "0". En la programación de Excel se lo denota en el complemento de Solver de la siguiente manera:



De esta manera se define las restricciones (6) y (7) en Solver logrando la misma respuesta. Entonces una vez elaborado la programación y el prototipo, se procede a realizar la prueba piloto con el objetivo de validar resultados obtenidos en el modelo.

Llamada		filtro		Impresión		Plano		liberación		Ejecución		Cierre		tiempo de atención					
N° Trámite	Fecha	hora	Fecha	hora	DEMORA	Fecha	hora	Fecha	hora	Fecha	hora inicio	hora fin	fecha	hora					
6813781	4/10/2017	8:54:13	4/10/2017	11:03:00	2:08:47	4/10/2017	11:23:00	0:20:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	9:48:00	10:00:00	2017-10-06	12:55:33.0	6/10/2017	12:55:33	52:01:20
6810890	3/10/2017	11:09:58	3/10/2017	14:03:00	2:53:02	3/10/2017	14:14:00	0:11:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	10:44:00	10:57:00	2017-10-06	12:31:03.0	7/10/2017	12:31:03	97:21:05
6811750	3/10/2017	13:40:09	3/10/2017	14:03:00	0:22:51	3/10/2017	14:12:00	0:09:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	14:22:00	14:33:00	2017-10-06	12:33:17.0	8/10/2017	12:33:17	118:53:08
6810675	3/10/2017	10:39:53	3/10/2017	11:03:00	0:23:07	3/10/2017	12:07:00	1:04:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	13:05:00	13:18:00	2017-10-06	12:34:51.0	9/10/2017	12:34:51	145:54:58
6812952	3/10/2017	20:00:00	4/10/2017	8:03:00	12:03:00	4/10/2017	8:26:00	0:23:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	9:50:00	10:05:00	2017-10-06	12:36:42.0	10/10/2017	12:36:42	160:36:42
6791085	26/9/2017	12:55:31	26/9/2017	14:03:00	1:07:29	27/9/2017	8:21:00	18:18:00	27/9/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	13:59:00	14:11:00	2017-09-30	10:35:04.0	2017-09-30	10:35:04	93:39:33
6722818	4/9/2017	11:53:00	4/9/2017	14:03:00	2:10:00	4/9/2017	14:20:00	0:17:00	4/9/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	13:55:00	14:01:00	2017-09-06	15:42:17.0	2017-09-06	15:42:17	51:49:17
6792574	27/9/2017	11:00:00	27/9/2017	11:03:00	0:03:00	27/9/2017	14:16:00	3:13:00	27/9/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	10:30:00	10:33:00	2017-09-30	10:39:07.0	2017-09-30	10:39:07	71:39:07
6809957	3/10/2017	9:22:00	3/10/2017	11:03:00	1:41:00	3/10/2017	12:11:00	1:08:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	8:45:00	9:00:00	2017-10-06	11:03:50.0	2017-10-06	11:03:50	73:41:50
6815402	4/10/2017	13:13:06	4/10/2017	14:03:00	0:49:54	4/10/2017	14:06:00	0:03:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	9:10:00	9:35:00	2017-10-06	11:06:48.0	2017-10-06	11:06:48	45:53:42
6814980	4/10/2017	11:40:00	4/10/2017	14:03:00	2:23:00	4/10/2017	14:08:00	0:05:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	10:15:00	10:22:00	2017-10-06	11:08:35.0	2017-10-06	11:08:35	47:28:35
6813722	4/10/2017	8:44:00	4/10/2017	11:03:00	2:19:00	4/10/2017	11:22:00	0:19:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	10:30:00	10:45:00	2017-10-06	11:11:02.0	2017-10-06	11:11:02	50:27:02
6804590	1/10/2017	10:42:00	1/10/2017	11:03:00	0:21:00	2/10/2017	8:23:00	21:20:00	2/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	11:00:00	11:16:00	2017-10-06	11:13:26.0	2017-10-06	11:13:26	120:31:26
6813215	3/10/2017	19:44:00	4/10/2017	8:03:00	12:19:00	4/10/2017	8:24:00	0:21:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	13:30:00	13:45:00	2017-10-06	11:17:19.0	2017-10-06	11:17:19	63:33:19
6810315	3/10/2017	9:56:00	3/10/2017	11:03:00	1:07:00	3/10/2017	12:09:00	1:06:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	14:10:00	14:20:00	2017-10-06	11:19:10.0	2017-10-06	11:19:10	73:23:10
6801371	29/9/2017	12:03:00	29/9/2017	14:03:00	2:00:00	30/9/2017	8:59:00	18:56:00	30/9/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	14:26:00	14:38:00	2017-10-06	11:20:51.0	2017-10-06	11:20:51	167:17:51
6810407	3/10/2017	10:08:00	3/10/2017	11:03:00	0:55:00	3/10/2017	12:09:00	1:06:00	3/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	12:00:00	12:30:00	2017-10-06	12:22:31.0	2017-10-06	12:22:31	74:14:31
6813035	3/10/2017	17:46:00	4/10/2017	8:03:00	14:17:00	4/10/2017	8:26:00	0:23:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	11:30:00	11:45:00	2017-10-06	12:25:09.0	2017-10-06	12:25:09	66:39:09
6814515	4/10/2017	10:36:00	4/10/2017	11:03:00	0:27:00	4/10/2017	11:18:00	0:15:00	4/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	9:50:00	10:03:00	2017-10-06	12:26:32.0	2017-10-06	12:26:32	49:50:32
6806411	2/10/2017	10:42:00	2/10/2017	11:03:00	0:21:00	2/10/2017	12:08:00	1:05:00	2/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	2:30:00	2:40:00	2017-10-06	08:26:48.0	2017-10-06	08:26:48	93:44:48
6807418	2/10/2017	13:07:00	2/10/2017	14:03:00	0:56:00	2/10/2017	14:13:00	0:10:00	2/10/2017	5/10/2017	7:30:00	5/10/2017	2:00:00	2:23:00	2017-10-06	08:22:28.0	2017-10-06	08:22:28	91:15:28
6817211	4/10/2017	22:50:00	5/10/2017	8:03:00	9:13:00	5/10/2017	8:17:00	0:14:00	5/10/2017	5/10/2017	15:30:00	5/10/2017	20:40:00	21:00:00	2017-10-06	12:27:59.0	2017-10-06	12:27:59	37:37:59
6817211	4/10/2017	18:03:00	5/10/2017	8:03:00	14:00:00	5/10/2017	8:19:00	0:16:00	5/10/2017	5/10/2017	15:30:00	5/10/2017	18:03:00	18:10:00	2017-10-06	12:27:59.0	2017-10-06	12:27:59	42:24:59
6816751	4/10/2017	16:46:00	5/10/2017	8:03:00	15:17:00	5/10/2017	8:27:00	0:24:00	5/10/2017	5/10/2017	15:30:00	5/10/2017	17:39:00	17:48:00	2017-10-06	11:22:27.0	2017-10-06	11:22:27	42:36:27
6816051	4/10/2017	15:14:00	5/10/2017	8:03:00	16:49:00	5/10/2017	8:28:00	0:25:00	5/10/2017	5/10/2017	15:30:00	5/10/2017	17:00:00	17:22:00	2017-10-06	13:50:59.0	2017-10-06	13:50:59	46:36:59

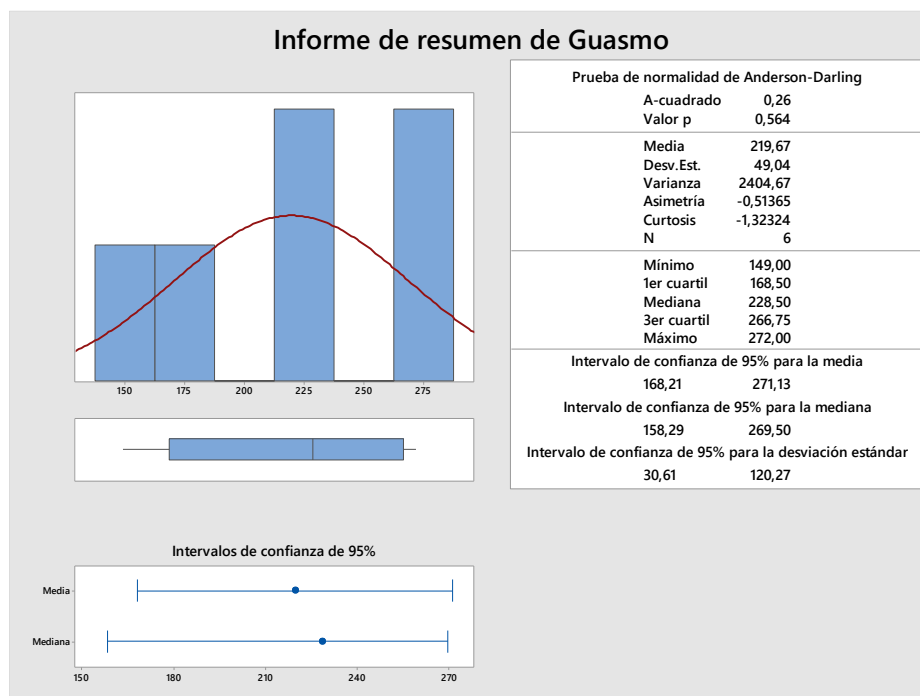
- **Análisis e interpretación de Datos: Análisis de normalidad**

Para comprobar la normalidad de cada sector se realiza un análisis de Normalidad en el software estadístico Minitab 18. Para cada sector se establece como hipótesis que:

- **Guasmo**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector Guasmo siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector Guasmo no siguen una distribución normal.

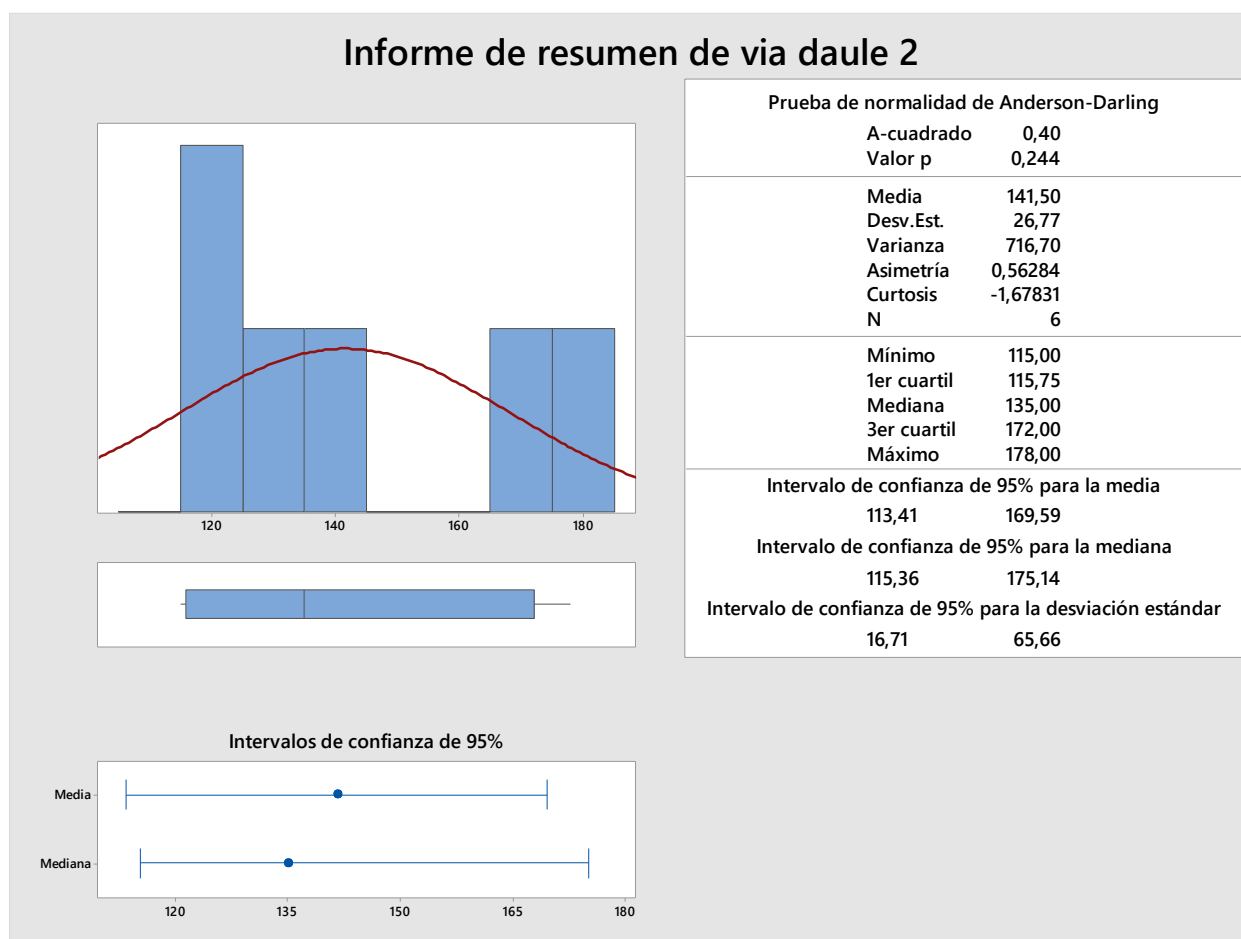


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.564 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector Guasmo siguen una distribución normal.

- **Vía Daule 2**

H_0 : La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 2 siguen una distribución normal.

H_1 : La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 2 no siguen una distribución normal.

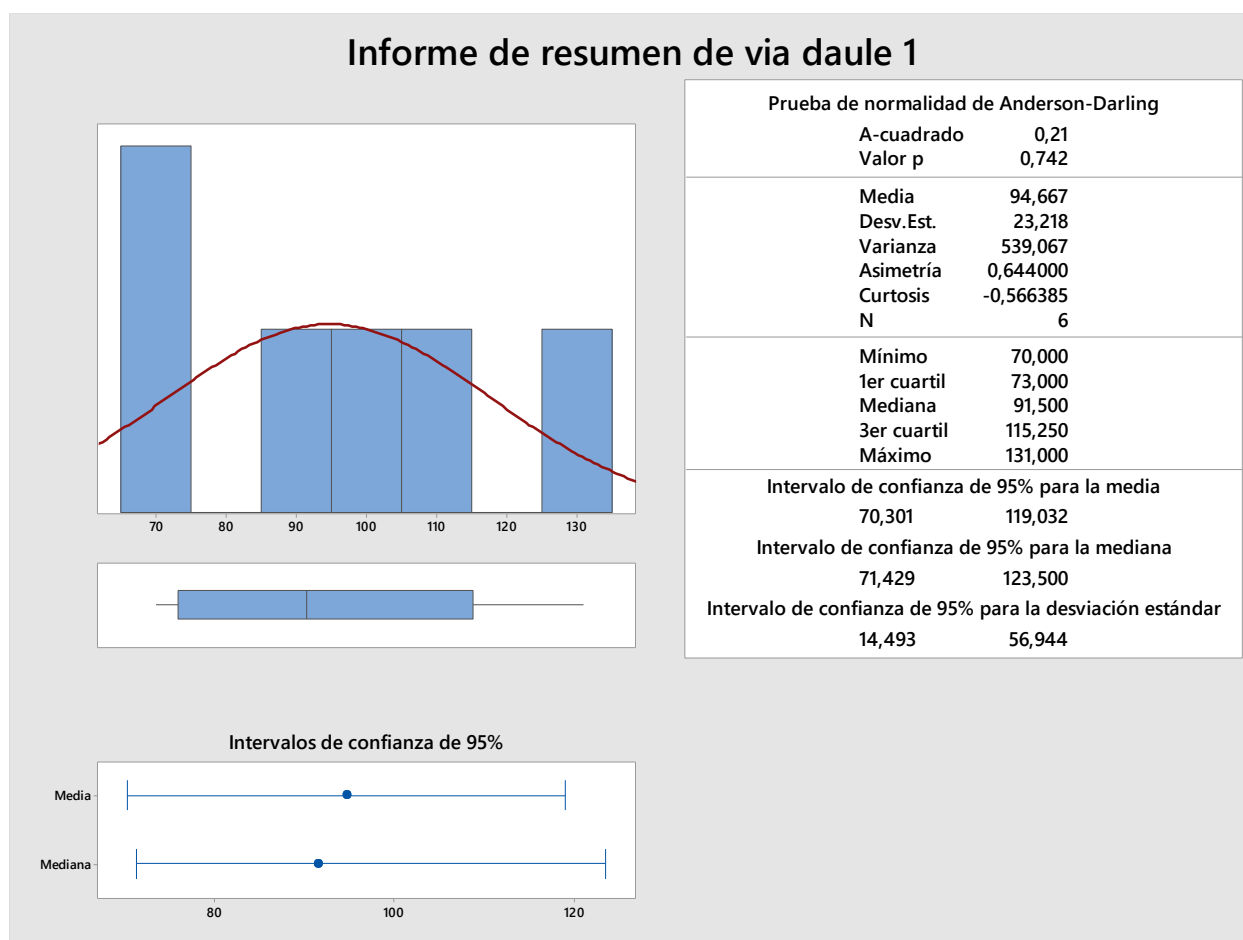


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.244 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 2 siguen una distribución normal.

- **Vía Daule 1**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 1 siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 1 no siguen una distribución normal.

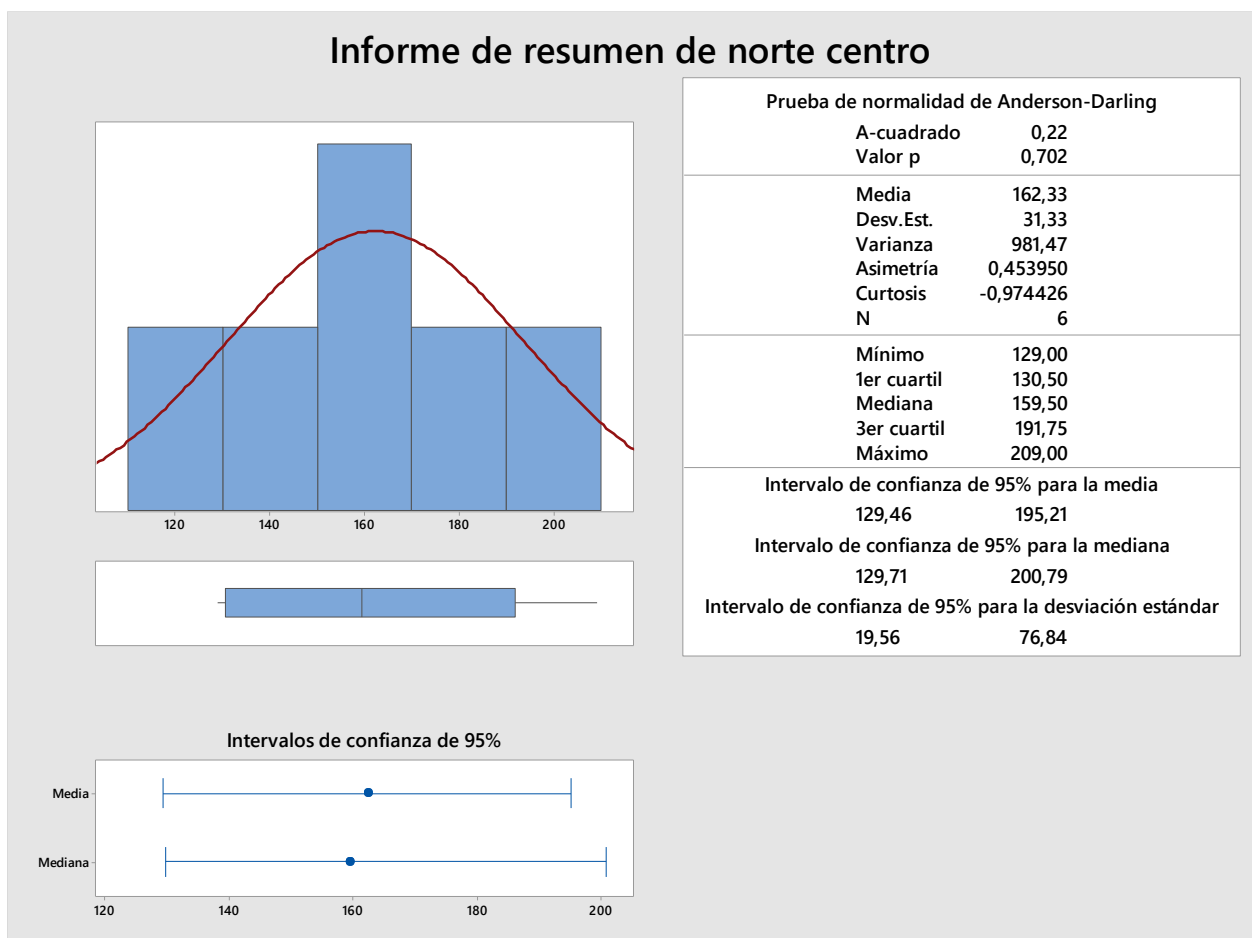


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.742 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 1 siguen una distribución normal.

- **Norte-Centro**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector Norte-Centro siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector Norte- Centro no siguen una distribución normal.

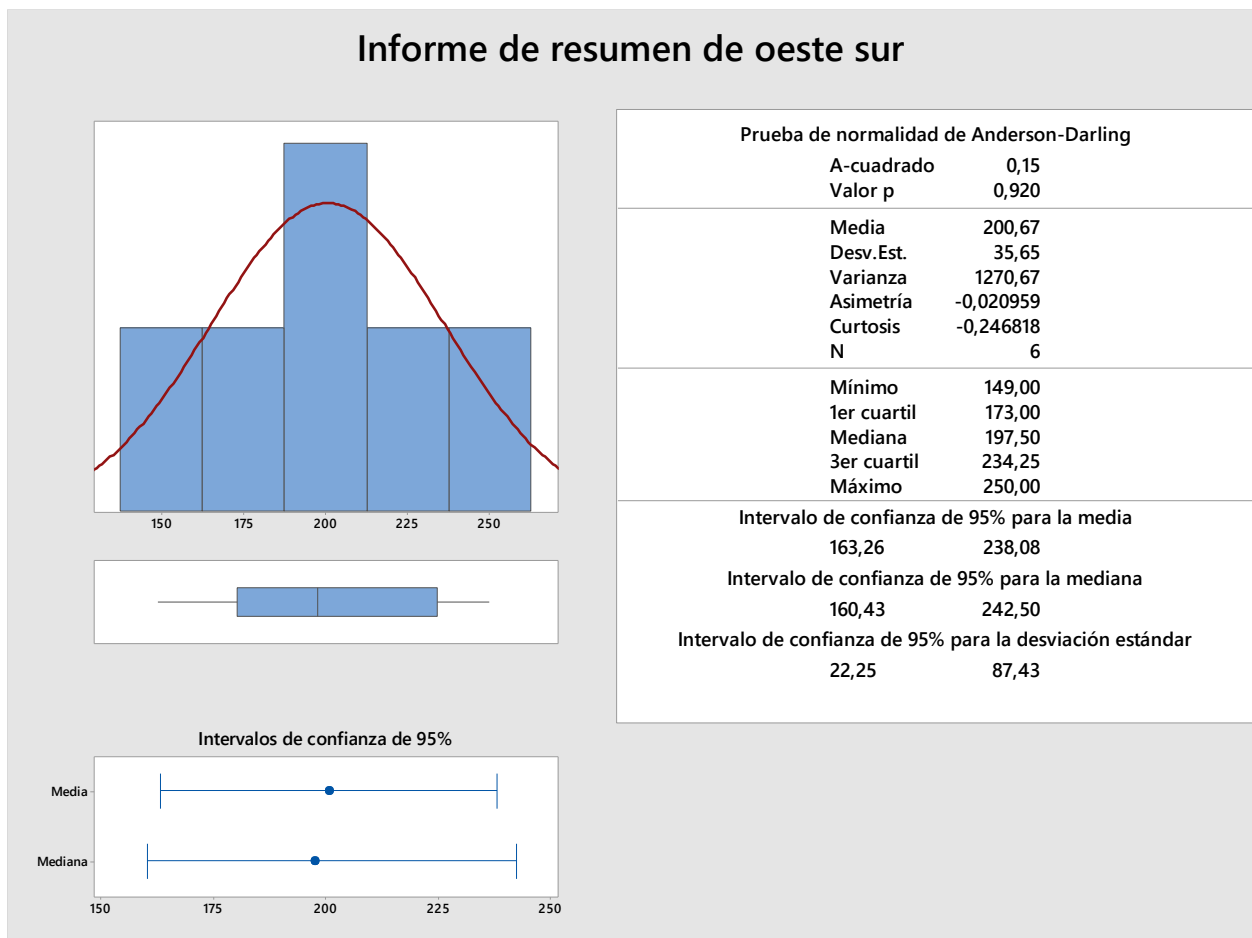


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.72 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector Norte-Centro siguen una distribución normal.

- **Oeste-Sur**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector Oeste-Sur siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector Oeste-Sur no siguen una distribución normal.

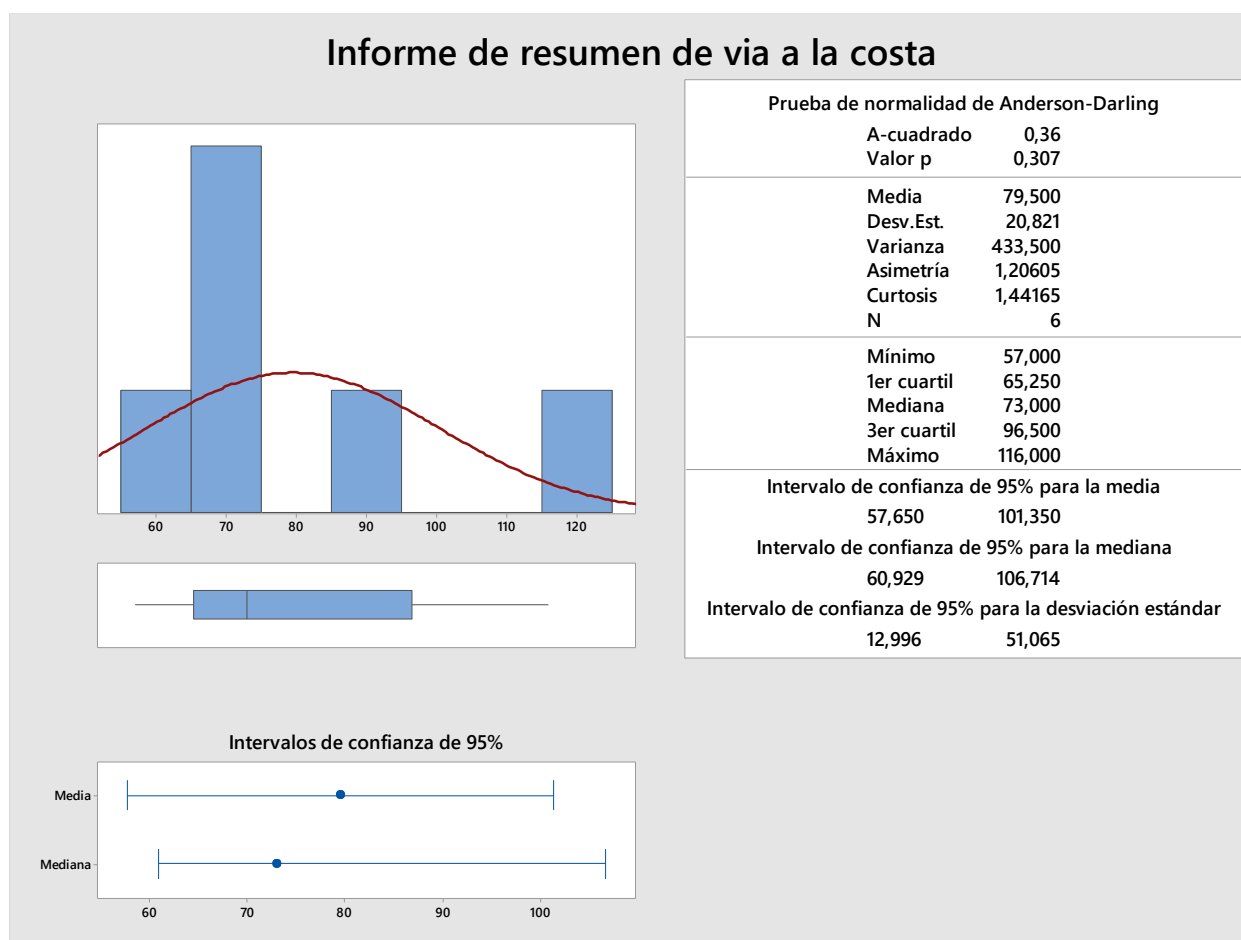


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.920 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector Oeste-Sur siguen una distribución normal.

- **Vía a la Costa**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector vía a la Costa siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector vía a la costa no siguen una distribución normal.

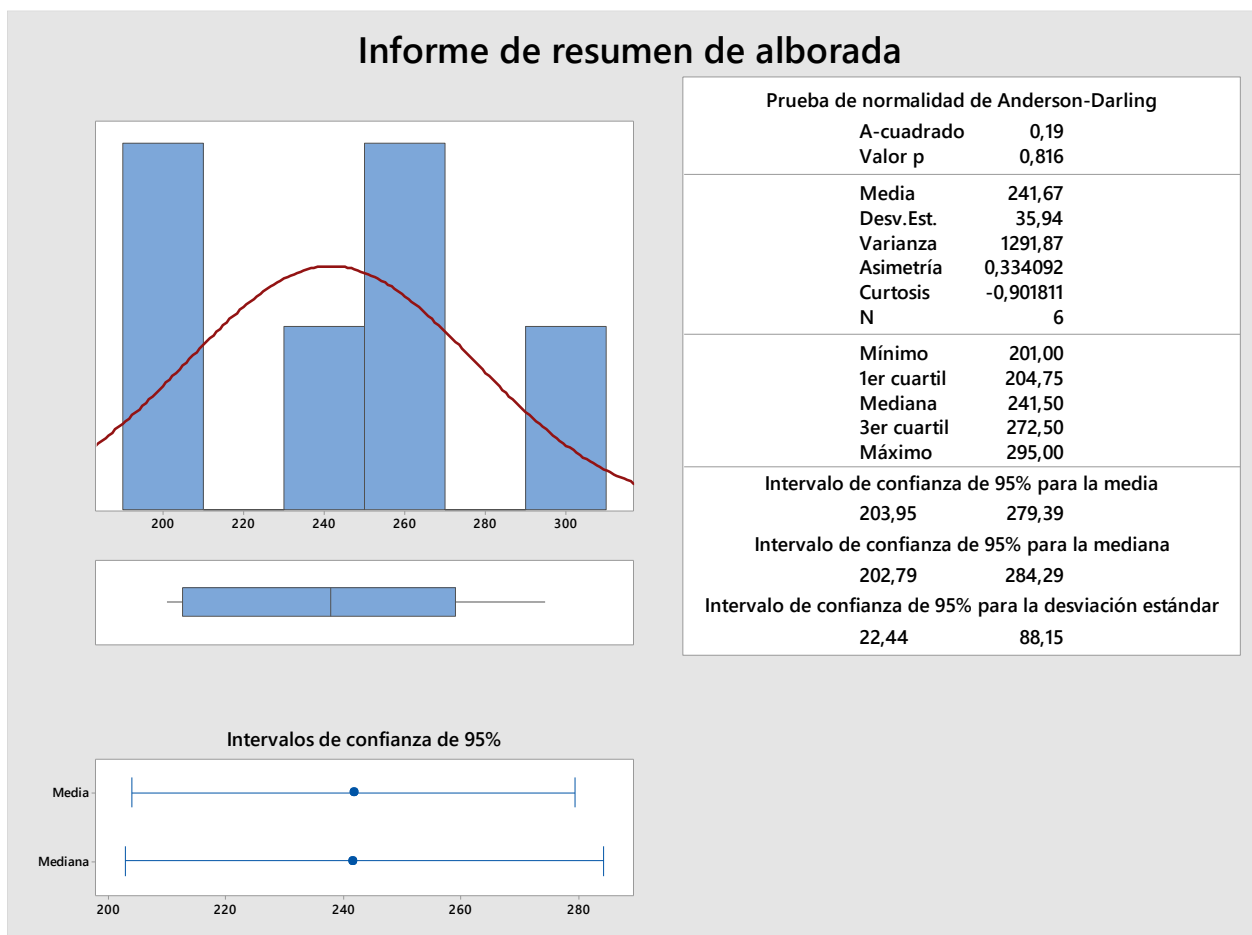


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.307 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector vía a la Costa siguen una distribución normal.

- Alborada

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector Alborada siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector Alborada no siguen una distribución normal.

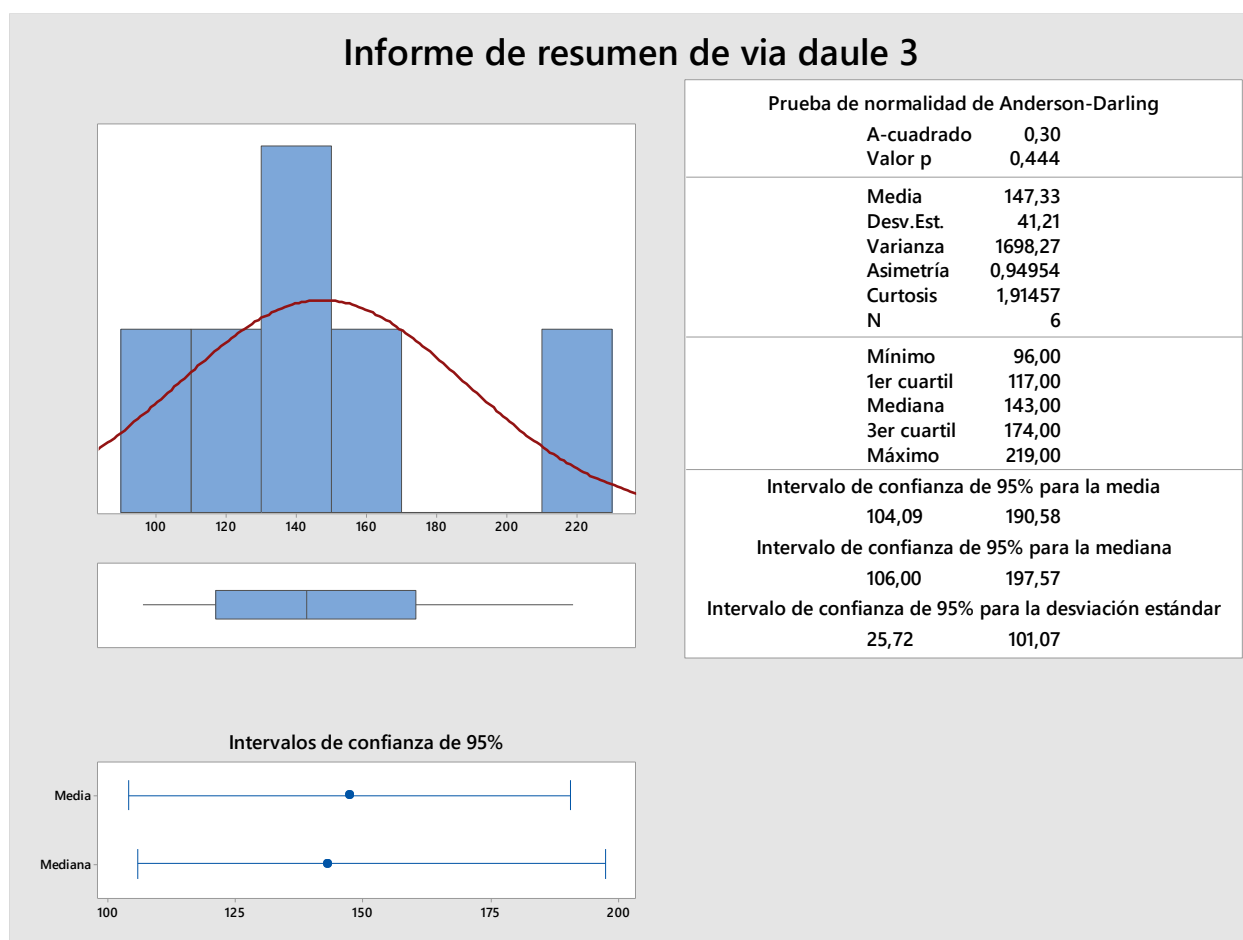


CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.816 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector Alborada siguen una distribución normal.

- **Vía Daule 3**

H₀: La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 3 siguen una distribución normal.

H₁: La cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 3 no siguen una distribución normal.



CONCLUSIÓN: Con un valor p de 0.444 ($p > 0.05$), existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de quejas promedio para el sector vía Daule 3 siguen una distribución normal.