FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

Propuesta para el mejoramiento del proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán mediante herramientas Lean Six Sigma.

Anyi Dulcey

Henry Iván Molano

Septiembre 07 de 2023

Contenido

Resumen 7
Introducción 7
Planteamiento del problema 9
Justificación 10
Objetivos 11
Objetivo General 11
Objetivos Específicos 11
Marco Referencial 12
Marco teórico 13
Algunas herramientas de la Metodología Lean Six Sigma 14
Estado del arte 19
Descripción del impacto 25
Glosario 25
Metodología 26
Desarrollo de la metodología DMAIC 27
CAPÍTULO I 29
Diagnóstico del proceso de atención de daños de la Compañía Eléctrica del Cauca 29
Project Chárter 30
Fase definir 32
Voz del cliente 32
Diagrama de flujo 35
SIPOC 37
Fase medir 45
Capacidad del proceso 49
Nivel sigma del proceso 52
CAPÍTULO II 53
Desarrollo de herramientas Lean Six Sigma en el proceso de atención de daños 53
Fase analizar 53
Cartas de control I-MR TMR de abril, mayo y junio de 2023 53
Diagrama de Pareto 58
..... 61
Los cinco por qué 62

Plan de acción 64
Fase mejorar 70
Implementación de Prueba Piloto en el Proceso de Atención de Daños Eléctricos 72
Presupuesto para propuesta 75
CAPÍTULO III 77
Evaluación del estado final del proceso de atención de daños 77
Diagrama de barras 78
Gráfica de control I-MR 80
Productividad de las brigadas de atención de daños durante la prueba piloto. 81
Capacidad del proceso posterior a la prueba piloto 83
Fase controlar 86
Kanban para el Control de Recursos 86
Implementación de Kanban 86
CONCLUSIONES 91
RECOMENDACIONES 92
Acta de propiedad intelectual 94
Referencias 95
ANEXOS 99

Lista de tablas

Tabla 1. Etapas de la Metodología DMAIC 15
Tabla 2. Project Chárter 30
Tabla 3. Diagrama SIPOC para el proceso de atención de un daño 38
Tabla 4. Horarios de asignación para las brigadas 40
Tabla 5. TMR del año 2022 46
Tabla 6. TMR hasta junio de 2023 46
Tabla 7. Rangos de atención TMR abril 2023 54
Tabla 8. Rangos de atención TMR mayo 2023 55
Tabla 9. Rangos de atención TMR junio 2023 57
Tabla 10. Tabla de los cinco por qué 62
Tabla 11. Censo del estado de los dispositivos de comunicación de las brigadas 66
Tabla 12. Datos recolectados durante la prueba piloto 74
Tabla 13. Presupuesto dotación de dispositivos 76
Tabla 14. Rangos de atención TMR abril 2023 81
Tabla 15. Costo mensual de una brigada de atención de daños 82
Tabla 16. Recursos críticos 88

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de procesos de La Compañía Eléctrica del Cauca 12
Figura 2. Ubicación geográfica de La Compañía Eléctrica del Cauca 13
Figura 3. Encuesta voz del cliente 33
Figura 4. Encuesta voz del cliente 34
Figura 5. Encuesta voz del cliente 34
Figura 6. Encuesta voz del cliente 35
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de atención de daños 36
Figura 8. Promedio de daños eléctricos por día 40
Figura 9. Promedio de daños eléctricos por día del sector rural de Popayán 41
Figura 10. Encuesta clima laboral 42
Figura 11. Encuesta clima laboral 43
Figura 12. Encuesta de clima laboral 44
Figura 13. Diagrama de barras del TMR 2022 47
Figura 14. Diagrama de barras del TMR de enero a junio 2023 48
Figura 15. Prueba de normalidad muestra de datos TMR agosto 2022 50
Figura 16. Capacidad del proceso de atención de daños TMR agosto 2022 51
Figura 17. Interpretación cualitativa del índice Cp 51
Figura 18. Interpretación cualitativa del índice Cp 52
Figura 19. Gráfica de control I-MR del TMR de abril 2023 54
Figura 20. Gráfica de control I-MR del TMR de mayo 2023 55
Figura 21. Gráfica de control I-MR del TMR de junio 2023 57
Figura 21. Diagrama de Pareto: Demora en la atención de daños de la zona rural de Popayán ... 61
Figura 22. Cobertura de señal de voz y datos del operador Claro en Popayán 64
Figura 23. Cobertura de señal de voz y datos del operador Movistar en Popayán 65
Figura 24. Gráfica comparativa del TMR de agosto 2022 Vs TMR prueba piloto 78
Figura 25. Gráfica comparativa del TMR de agosto 2022 Vs TMR prueba piloto 79
Figura 26. Gráfica de control I-MR del TMR prueba pilotoPrincipio del formulario 80
Figura 27. Capacidad del proceso prueba piloto 84
Figura 28. Nivel sigma de la prueba piloto 85
Figura 29. Implementación del modelo KanbanPrincipio del formulario 89
Figura 30. Simulacro de aplicación modelo Kanban 90

Lista de anexos

Anexo [1] C. E. O, «Informe de gestión,» Popayán, 2020. 99

Anexo [2] Encuesta de satisfacción de los usuarios de CEC..... 99

Anexo [3] Encuesta de clima laboral de los auxiliares de operaciones y técnicos electricistas de CEC..... 102

Anexo [4] Formato Implementación de Prueba Piloto en el Proceso de Atención de Daños Eléctricos..... 105

Anexo [5] Fotos durante la implementación del plan piloto..... 109

Resumen

La Compañía Eléctrica del Cauca, encargada de la distribución y comercialización de energía eléctrica en 38 de los 42 municipios del departamento del Cauca, se enfrenta a desafíos notables en su proceso de atención de daños eléctricos. A pesar de contar con un equipo estructurado, la empresa no ha logrado cumplir satisfactoriamente con sus objetivos de atender el 90% de los daños reportados en menos de 8 horas, manteniendo una Tasa Media de Respuesta (TMR) de 3 horas. Para abordar esta problemática, se utilizó la metodología DMAIC junto con herramientas Lean Six Sigma.

Uno de los hallazgos clave fue identificar que la variable que más afecta la demora en el proceso de atención de daños es la falta de un sistema integral que garantice a las brigadas los recursos necesarios para transmitir informes de manera efectiva en zonas rurales. Para abordar esta deficiencia, se propuso un plan de mejora con un énfasis en establecer un protocolo de verificación al comienzo de la jornada laboral para asegurar que las brigadas estén debidamente equipadas.

Al concluir, se determina que la implementación de las mejoras propuestas permite a la Compañía Eléctrica del Cauca reducir tanto los medios como la variabilidad en los tiempos de atención al cliente. Esto, a su vez, resulta en una disminución de los defectos por millón de unidades, lo que se traduce en un aumento en el nivel sigma del proceso.

Introducción

Las empresas proveedoras de servicios públicos domiciliarios en Colombia se enfrentan a desafíos únicos, ya que deben cumplir con regulaciones gubernamentales respaldadas por garantías constitucionales para proteger los derechos fundamentales de los consumidores. La prestación continua y eficiente de los servicios públicos no es solo una prioridad, sino también una obligación legal.

En este contexto, la Compañía Eléctrica del Cauca, encargada de la distribución y comercialización de energía eléctrica en el departamento del Cauca, ha estado trabajando incansablemente en la mejora constante de sus operaciones. Sin embargo, se ha identificado un desafío crítico relacionado con el tiempo de respuesta en la atención de daños eléctricos, lo que afecta directamente la satisfacción de los usuarios y la calidad del servicio.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo abordar este desafío específico: optimizar los tiempos de respuesta en la atención de daños en la Compañía Eléctrica del Cauca. El objetivo de la empresa es ambicioso: atender el 90% de los daños reportados en menos de 8 horas, manteniendo una Tasa Media de Respuesta (TMR) de 3 horas.

Para lograr este objetivo, se ha implementado la metodología Lean Six Sigma, utilizando el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). En la fase de Definir y Medir, se realizó un diagnóstico detallado del proceso de atención de daños y se recopiló la voz del cliente para comprender las expectativas de los usuarios.

En la fase de Analizar y Mejorar, se aplican diversas herramientas y técnicas para identificar y abordar las causas raíz de las demoras en la atención de daños. Se diseñó un plan de mejora integral que incluyó la implementación de tecnologías de comunicación robustas y una supervisión más efectiva de las brigadas.

Durante la prueba piloto de las mejoras, se logró reducir significativamente la Tasa Media de Respuesta (TMR) a 2.53 horas, superando la meta corporativa. Además, se mejoró la productividad y la capacidad del proceso, aumentando el nivel sigma de 1.54 σ a 2.1 σ y reduciendo los defectos por millón de oportunidades (DPMO) a 93.750, lo que representó un rendimiento del 90,62%.

Estos resultados demostraron la eficacia de las medidas implementadas y proyectan un ahorro estimado de $5.828.990, con un impacto acumulado de $69.947.882 en un año. Estos ahorros no solo tendrán un efecto inmediato, sino que también contribuirán a una mayor eficiencia y sostenibilidad a largo plazo.

La implementación exitosa de la metodología Kanban en la etapa de Controlar del proceso DMAIC fue fundamental al asegurar que las brigadas tuvieran todos los recursos necesarios al inicio de su jornada laboral. Esta medida desempeñará un papel crucial en la mejora de los tiempos en el proceso de atención de daños y en la calidad del servicio que ofrece la Compañía Eléctrica del Cauca. Allanará el camino para una mejora sostenible en este proceso y garantizará una mayor calidad en el servicio ofrecido a los usuarios.

Planteamiento del problema

Las empresas deben cumplir estándares en sus procesos para garantizar un sistema productivo eficiente en términos de cantidad, calidad, plazos, recursos y tiempos óptimos.(*CEO*, 2010). La Compañía Eléctrica del Cauca enfrenta fallas en el proceso de atención de daños eléctricos y tiempos de espera para restaurar el servicio, lo que ha generado disgusto entre los usuarios.

Las fuertes tormentas, vientos y la caída de árboles, según CEO (2020), aportaron el 30% de los daños eléctricos atendidos en el 2020, el 58 % de los casos atendidos fueron en baja tensión, de los cuales el 51% fueron atendidos en la acometida o medidor y por último, en promedio el 38% de los casos fueron reincidentes en un elemento de la red con dos o más casos atendidos en el mismo sector; pues esta clase de eventos externos ocasionados por la naturaleza originaron daños en varios circuitos dejando en un día alrededor de 8.949 clientes del departamento del Cauca sin servicio de fluido eléctrico (*CEO*, 2022).

La compañía tiene un "Centro de Operaciones" encargado de recibir los reportes de los usuarios y asignarlos a la brigada correspondiente para solucionar los daños. Sin embargo, la principal problemática radica en los largos tiempos de respuesta, lo que ha generado un alto grado de insatisfacción en la población.

Ahora bien, La Compañía Eléctrica del Cauca cuenta con un equipo de atención de daños; este está conformado por auxiliares del centro de operaciones y el software “SmartVu”; la función de dicho software es gestionar las operaciones de la empresa, mediante un sistema de Supervisión, Administración y Adquisición de Datos (SCADA), el cual permite el monitoreo y control en tiempo real de todo el sistema eléctrico del departamento del Cauca. Del mismo modo, 7 brigadas hacen parte de este proceso, las cuales están divididas y programadas por turnos de 8 horas, a lo largo del día (6:00 am - 10:00 pm). Las asignaciones de atención a los daños reportados son realizadas por los auxiliares del centro de operaciones y cerradas por la brigada asignada, quien es responsable de la atención y la restauración del servicio. A pesar del estructurado equipo de trabajo, las metas de la compañía no logran el alcance planeado de manera satisfactoria, puesto que la meta de la empresa es lograr que el 90% de los daños reportados sea atendido en menos de 8 horas, lo que es equivalente que la tasa media de

respuesta (TMR) sea de 3 horas. No obstante, según los últimos datos registrados a diciembre del año 2022 el indicador TMR cerró con el 83% de 2078 casos son atendidos en menos de 8 horas, equivalente a un incumplimiento de la meta en un 7%; para enero del 2023 el TMR cerró con el 80% de 2400 casos atendidos en menos de 8 horas, lo que significa una desmejora del 3% respecto a diciembre del 2022 y para los meses de febrero y marzo de 2023 cerró en el 83% y 82%, respectivamente. De esta forma se puede afirmar que en este proceso hay una gran oportunidad de mejora y que esta sea sostenible en el tiempo.

Toda organización considera importante estar en constante mejora, especialmente cuando los indicadores se sitúan por debajo de los niveles exigidos. Por esta razón, se plantea a través de las herramientas Lean Six Sigma y utilizando la metodología DMAIC una propuesta de mejora destinada a lograr la optimización de los tiempos en la atención de daños; lo que nos conlleva a formular la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo utilizando herramientas Lean Six Sigma mediante la metodología DMAIC se puede mejorar los tiempos de respuesta en el proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en Popayán?

Justificación

En Colombia, las leyes 142 y 143 de 1994 establecen regulaciones para los servicios públicos domiciliarios, incluyendo la generación, comercialización y distribución de energía eléctrica. Estas regulaciones son importantes para la propuesta, ya que establecen los estándares mínimos que deben seguir las empresas de servicios públicos. El acceso a servicios como energía, agua y alcantarillado es una necesidad fundamental y obligatoria para la población, y los gobiernos deben garantizar su provisión (Robadey & de Oliveira Biazatti, 2019)

Ahora bien, La Compañía Eléctrica del Cauca debe diseñar e implementar planes de acción en aras de garantizar la continuidad y calidad del servicio que le presta a los usuarios, por tal razón el presente estudio busca optimizar el proceso de atención de daños el cual se lleva a cabo en el centro de operaciones de la sede de Popayán por medio de la implementación de la metodología DMAIC.

Con el presente proyecto se busca optimizar los tiempos de espera de los usuarios; pues la gestión de la empresa en un estudio reciente demuestra tener un puntaje de 65/100 en cuanto a su

nivel de aceptación, y esto es dado por diversos factores, entre ellos se encuentran las altas tarifas y la demora en la atención de las peticiones, quejas y reclamos (PQR) de los usuarios; lo cual genera la necesidad de que La Compañía Eléctrica del Cauca mejore su proceso de oportunidad en la atención de fallas de las redes eléctricas. La implementación de la propuesta beneficia a la empresa como a los usuarios, ya que se optimiza los procesos de atención de daños, mejora en la imagen de la empresa y proporciona a los usuarios un servicio de calidad, pues las organizaciones han visto el servicio al usuario como un evento que pasa a un segundo plano, sin embargo, desde la segunda mitad del siglo XX, ha logrado escalar el nivel de importancia que tiene este para todo tipo de organización empresarial, a tal punto que cobró total relevancia en todos los departamentos que conforman la empresa, pues el brindar un adecuado servicio a los usuarios se ha convertido es una estrategia competitiva. (Ospina, 2019)

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta para el mejoramiento del proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán mediante herramientas Lean Six Sigma.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de atención de daños de la empresa en estudio.
- Desarrollar herramientas Lean Six Sigma en el proceso de atención de daños.
- Evaluar el estado final del proceso de atención de daños.

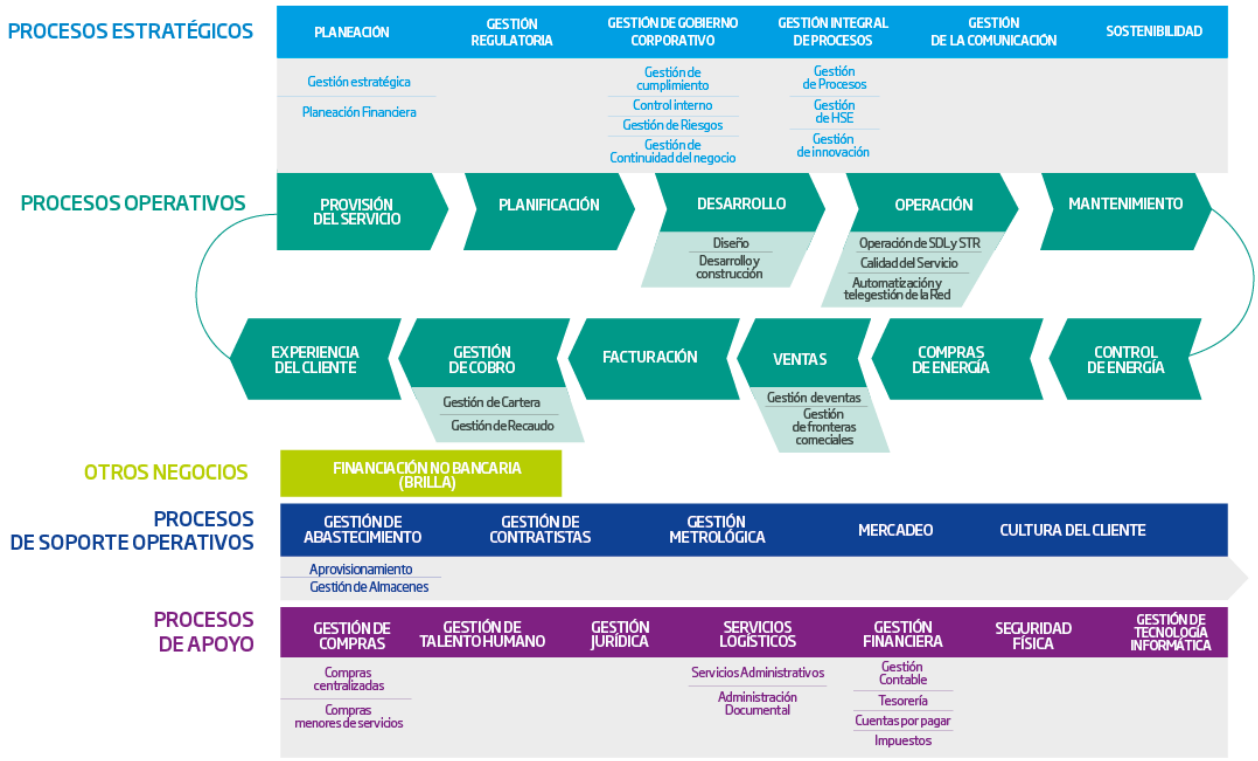
Marco Referencial

Localización

La Compañía Eléctrica del Cauca opera en 38 de los 42 municipios del departamento del Cauca. Cuenta con oficinas físicas y móviles para atender las solicitudes de los usuarios, y ofrece diversos canales de comunicación como chat en línea, aplicación móvil, correo electrónico y línea telefónica. Su oficina principal está ubicada en la ciudad de Popayán en el barrio Modelo en la carrera 8 con calle 1 N esquina (Ver: Figura 1).

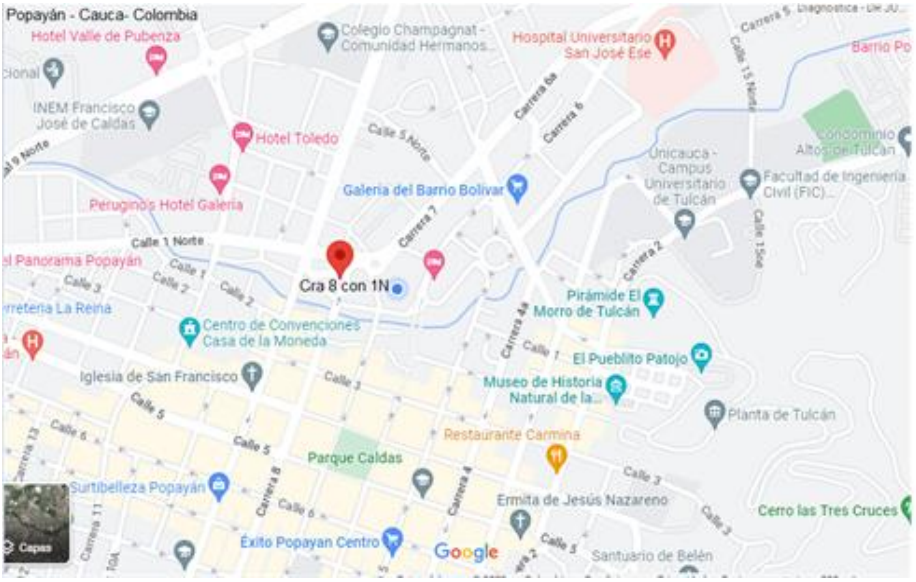
Por otra parte, según el mapa de procesos de la organización, el proyecto se pretende desarrollar en el área de operación del Sistema de Distribución Local (SDL) perteneciente a los procesos operativos que esta empresa desarrolla en la ciudad de Popayán, principalmente en el mantenimiento correctivo de las fallas eléctricas que ocurren en la capital caucana.

Figura 1. Mapa de procesos de La Compañía Eléctrica del Cauca



Fuente: CEO (2020).

Figura 2. Ubicación geográfica de La Compañía Eléctrica del Cauca



Fuente: Google Maps (2020).

Marco teórico

Servicios públicos domiciliarios en Colombia

En los años 90, en Colombia, el Estado dejó de realizar ciertas funciones, como la provisión de servicios públicos domiciliarios. Algunos de estos servicios pasaron a ser responsabilidad de empresas privadas, actualmente el Estado se encarga de planificar, regular y supervisar el sector privado a través de entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). En el caso del departamento del Cauca, después de una crisis en las Centrales Eléctricas del Cauca, el servicio de energía fue licitado y asumido por el sector privado en 2007 para asegurar su disponibilidad a los habitantes del departamento.

Mejora de procesos

La mejora de procesos es una práctica organizacional que busca optimizar la eficacia y eficiencia de las actividades empresariales (Cook, 1996:3). Ayuda a identificar ineficiencias, reducir tiempos, eliminar duplicidades y tomar medidas correctivas para cumplir con los requerimientos del usuario final.

Algunas herramientas de la Metodología Lean Six Sigma

Metodología Lean Six Sigma

Guerrero (2019) señala que la metodología Lean Six Sigma es una estrategia empresarial que busca mejorar el rendimiento de los procesos y promover la satisfacción del cliente, el liderazgo y los resultados financieros y tiene como principal objetivo mejorar la calidad, la eficiencia y reducir los costos.

Por otra parte, Moreno (2019) menciona que Lean Six Sigma es una metodología que se centra en eliminar el desperdicio y reducir la variación mediante el uso de la estructura DMAIC y su objetivo es alcanzar la satisfacción del cliente considerando aspectos como la calidad, el costo y la entrega.

En línea con los anteriores autores, La Metodología Lean Six Sigma es una herramienta que nos proporciona la ingeniería aplicada en el mejoramiento de procesos, pues en síntesis es la fusión de los beneficios obtenidos de las herramientas Lean con los de Six Sigma, con el propósito de crear un sistema integral, que se refiere a tener en consideración las etapas fundamentales de un sistema productivo con el fin de mitigar o en la medida de lo posible, eliminar todas aquellas actividades que no aportan valor al producto o servicio final, es decir, aquellas mudas que están inmiscuidas en el proceso; por otra parte, esta metodología proporciona diversas herramientas que pueden ser empleadas cuando una organización opta por embarcarse en el diseño e implementación de un programa Lean Six Sigma, algunas de ellas son: DMAIC, Diagrama de Pareto, Los 5 ¿por qués?, 5S, Mapeo de Cadena de Valor, Diagrama Causa-Efecto, Voz del Cliente, Análisis de Partes Interesadas, entre otras; en otras palabras La Metodología Lean Six Sigma brinda diversas herramientas ingenieriles que definen, diagnostican, miden, evalúan, analizan, implementan y controlan las mejoras de acuerdo con la naturaleza de las actividades de la empresa como del proceso en sí.

Metodología DMAIC

DMAIC es una de las herramientas principales de Six Sigma que garantiza que los proyectos sean analizados exhaustivamente con el objeto de mejorar o perfeccionar los procesos dentro de una organización; este proceso de mejora se conoce regularmente con el acrónimo

DMAIC el cual representa las etapas Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. (Pérez et al., 2020)

En los últimos años los conceptos Six sigma y su herramienta DMAIC se han convertido en la forma estándar de resolver problemas de operación y diseño en empresas de producción y de servicios; el uso de diferentes herramientas de mejora, le permite a una organización mantenerse activo en un mercado que cada día se hace más competitivo. (León & Giraldo, 2019)

DMAIC es usado cuando el objetivo de un proyecto puede ser realizado a través de la mejora de un proceso, producto o servicio existente.(Pérez et al., 2020). Este modelo mediante sus etapas se enfoca inicialmente en identificar el problema, entender la causa y el origen del mismo, proponer soluciones creativas e innovadoras, implantarlas, y finalmente controlarlas.

El beneficio principal de DMAIC se obtiene de su enfoque drástico y exhaustivo para solucionar problemas; por ello, será la metodología base para el análisis del proceso de atención de daños de la compañía en estudio, puesto que al proporcionar un marco estructurado permite la solución de problemas basado en datos que ayuda a realizar mejoras y optimizaciones incrementales en los productos, diseños y procesos, en empresas de manufactura y servicios, mediante sus 5 etapas. (Ver: tabla 1)

Tabla 1. Etapas de la Metodología DMAIC

Definir	Esta etapa es la fase inicial de esta metodología, en la cual se establece el problema y que se necesita para lograr una mejora; es decir, se plantean los objetivos que deben abordarse, las necesidades de mejora y cuál será el alcance del proyecto. Para identificar estos parámetros es necesario emplear algunas herramientas ingenieriles como por ejemplo diagrama de flujo.
Medir	El segundo paso consiste en definir la línea base del proceso, validar el sistema de medición e identificar las causas claves del problema; es importante tener en cuenta que se deben utilizar ciertos parámetros confiables para la obtención y clasificación de datos, ya que esta información permitirá supervisar los objetivos definidos en la etapa anterior; para establecer la métrica inicial es necesario emplear ciertas herramientas como por ejemplo Gráficos de control.

Analizar	Esta fase permite estudiar los datos para determinar cuáles son los factores de entrada que más afectan los sistemas de salidas; es decir examinar las causas para identificar los factores críticos; en esta etapa se puede hacer uso de herramientas de análisis gráficos, como por ejemplo diagrama de Ishikawa.
Mejorar	En esta etapa se determinan e implementan las posibles soluciones de mejora al problema detectado; soluciones creativas e innovadoras que permita mejorar el sistema.
Controlar	La quinta y última etapa de esta metodología principalmente busca establecer un plan de control que permita sostener las soluciones en el tiempo; es decir, realizar un debido seguimiento a las soluciones implementadas.

Fuente: Elaboración Propia (2023).

SIPOC

Es una herramienta utilizada en la gestión de procesos para comprender y describir un proceso en términos de sus etapas clave. La palabra "SIPOC" es un acrónimo que representa las iniciales de las cinco partes fundamentales del análisis: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes.

La herramienta SIPOC de Lean y Six Sigma proporciona a los expertos en continuidad empresarial una opción práctica para abordar los desafíos actuales. Este enfoque transdisciplinario permite aprovechar la experiencia y habilidades de diferentes profesiones, aprovechando herramientas y conocimientos previos. Esto resulta especialmente valioso en situaciones donde los recursos disponibles para los profesionales son limitados, ya que se puede lograr tanto la continuidad del negocio como agregar valor a la organización. (Gueorguiev, 2018)

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también conocido como curva de distribución ABC, consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una problemática y los ordena de mayor a menor frecuencia, con lo que permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia. (Leyva, 2021)

Se utilizó la teoría del Diagrama de Pareto para identificar la causa principal de las consecuencias en un proceso organizacional. Esta herramienta permite visualizar la dirección en la que se deben enfocar los esfuerzos para eliminar la causa raíz y aumentar la productividad. Se diseñarán estrategias para contrarrestar las actividades que no aportan valor al proceso.

Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo se considera un instrumento clave al momento para definir, refinar y documentar un proceso, además que dicho diagrama equivale a ese "armazón" para estimar el costo y la fuente de especificaciones utilizadas en el diseño y designación del equipo.(Vargas et al., 2016)

El diagrama de flujo es una herramienta gráfica que analiza las actividades y responsables de un proceso. Permite detectar cuellos de botella, tomar decisiones, dar seguimiento y optimizar el proceso.

Gráficas de control

Es una de las herramientas de análisis que conlleva a la solución de problemas. Es una gráfica que muestra los valores que son producto de la medición de una característica de calidad. (*Calidad*, 2016)

(Fortea & Escrig, 2019) afirmaron que una de las principales ventajas de las gráficas de control es que su aplicación se destina a situaciones poco comunes y eventos con baja frecuencia, en los cuales sería impracticable obtener una muestra representativa y un largo periodo de seguimiento utilizando métodos estadísticos tradicionales.

Las gráficas de control identifican variaciones anormales en un proceso. Consisten en datos organizados cronológicamente con límites máximo y mínimo, y una línea central que representa el valor ideal. Al detectar valores fuera de los límites, se pueden identificar, evaluar y mejorar el proceso para cumplir con los requerimientos del usuario final.

Los 5 porqués

Los 5 porqués es una metodología cuya base son 5 preguntas consecutivas, donde una va dando paso a la otra, hasta identificar por medio de la respuesta del último porqué la posible causa del problema de investigación. Es considerada una herramienta sencilla de aplicar y tiene un alto grado de flexibilidad, pues se puede adaptar a cualquier contexto o situación.(Rodríguez, 2020)

La teoría de los 5 porqués es una metodología sencilla para identificar las causas raíz de un problema en una organización. Consiste en hacer cinco preguntas sucesivas para obtener información relevante y detallada sobre el problema. Estos resultados son valiosos para el análisis y diseño de planes estratégicos de solución.

Capacidad de proceso (Cp)

Según Salazar (2022) la capacidad del proceso es su capacidad para cumplir con las especificaciones técnicas. Puede evaluarse como capaz, estable o inadecuado según su nivel de capacidad.

Considerar la capacidad de proceso es crucial para el diagnóstico y solución de problemas, ya que permite conocer el funcionamiento actual, identificar factores negativos y diseñar planes de acción para mejorar o eliminar la causa raíz del problema.

Plan de Monitoreo y Evaluación

“Los sistemas de monitoreo y evaluación constituyen el resultado de la aplicación de principios, procesos, procedimientos y prácticas operativas y administrativas para el desarrollo de un conjunto de herramientas integradas.**”** (Pasquetti & Salas, 2016)

Después de implementar mejoras, es crucial establecer un plan de monitoreo y evaluación para realizar un seguimiento exhaustivo del proceso de atención de daños. Esto implica recolectar y analizar datos para medir el impacto de las mejoras implementadas y evaluar si se están logrando los objetivos establecidos.

Kanban

En la década de 1940, Toyota introdujo el concepto de "Justo a tiempo" (JIT) con el propósito de fomentar mejoras continuas y optimizar sus procesos de fabricación. Kanban, a menudo considerado sinónimo de JIT, surgió como una herramienta para el control de inventario y la reducción de desperdicios. Inicialmente, Toyota utilizaba tarjetas vinculadas a contenedores para comunicar qué materiales debían reponerse y recargarse.(Llerena & Guillen, s. f.)

Con la implementación de Kanban se espera que ofrezca beneficios significativos, como una mayor disponibilidad de recursos, reducción de interrupciones en el trabajo de las brigadas, mayor eficiencia en la gestión de recursos y la sostenibilidad de las mejoras logradas durante la prueba piloto.

Minitab

Este software estadístico, es una de las herramientas más completas para el análisis de datos; permite realizar análisis descriptivos de datos, análisis de varianza, gráficos de control o análisis de capacidad entre otros.(Otamendi, 2016)

Es importante utilizar esta herramienta en el estudio, ya que permite analizar todas las variables del proceso de atención de daños y obtener datos concretos para la toma de decisiones al final del proyecto, evaluando las hipótesis planteadas.

Estado del arte

En el presente apartado se realiza una revisión exhaustiva de investigaciones relacionadas con la mejora de los procesos internos de empresas de servicios públicos domiciliarios, especialmente en el sector de energía eléctrica. Se analizan la problemática, hipótesis, objetivos, herramientas y resultados de estas investigaciones para resaltar la necesidad de optimizar el proceso de atención de daños de la Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán.

A nivel Internacional

El estudio realizado por Quilamán & Chacur (2019) en su artículo “Evaluación y propuesta de mejoras de un modelo de atención de usuarios en un servicio público” se centra en

la mejora del modelo de atención al cliente en una institución pública, específicamente en el Servicio de Impuestos Internos de Chile (homólogo de la DIAN en Colombia). Utilizaron la metodología Servqual para medir la calidad del servicio y la percepción de los usuarios. El estudio reveló diferencias entre las expectativas de calidad de la dirección de la empresa y la percepción de los clientes. Se realizó una encuesta a una muestra de 196 personas y se implementó un plan de mejoras basado en los resultados obtenidos. Se identificó que la fiabilidad y la capacidad de respuesta son aspectos críticos que deben mejorarse, especialmente para las personas y las micro y pequeñas empresas.

Por otra parte, en el estudio realizado por Villacorta (2019) denominado "Aplicación de la metodología DMAIC para mejorar la calidad de servicio en la empresa HCI Construcción y Servicios SAC en el cono norte, Lima 2019" el objetivo principal fue implementar la metodología DMAIC como una herramienta para mejorar la calidad del servicio en la empresa. Se plantearon objetivos específicos relacionados con la mejora de los elementos tangibles de la organización, así como la mejora de la fiabilidad y capacidad de respuesta.

La primera fase del estudio consistió en encuestar a una muestra de 172 personas, seleccionadas de una población total de 312 usuarios de la organización. Se utilizó un muestreo probabilístico y se validaron las encuestas mediante juicios de expertos. La confiabilidad de los datos se evaluó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach. Se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, incluyendo pruebas de hipótesis, para analizar en detalle la información recopilada. Los resultados obtenidos fueron positivos para la empresa, ya que se observó una mejora significativa en la calidad del servicio, pasando de 48.09 a 84.90. Además, se obtuvo un nivel de significación de 0.000, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, demostrando que la aplicación de la metodología DMAIC mejoró la fiabilidad de la empresa, asimismo, se comprobó que la implementación de la metodología también mejoró la forma en que se escuchan las quejas de los clientes y aumentó la capacidad de respuesta de la empresa. Se realizaron simulaciones discretas y se aplicaron técnicas de multicriterio para monitorear, analizar y controlar los procesos de manera más efectiva.

Vásquez (2018) en su investigación "Propuesta de Mejora del Proceso de Atención de Reclamos en la Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba S.A.C" para mejorar el

servicio al cliente”, realizada en la ciudad de Chiclayo -Perú; utilizó la metodología Lean Six Sigma para mejorar el proceso de atención de reclamos y, en consecuencia, mejorar el servicio al cliente. El objetivo principal de la investigación fue identificar y abordar la problemática de la demora en la atención de reclamos en la empresa. Se implementaron diversas herramientas ingenieriles para analizar y mejorar el proceso. En primer lugar, se realizó un estudio de tiempos para analizar el tiempo empleado por los colaboradores y operarios en la atención y resolución de reclamos. Mediante el uso de herramientas como el flujograma, se identificaron los factores que intervenían en el proceso, desde el reporte hasta la resolución del reclamo. Además, se utilizó la herramienta de diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz de la problemática. Se optó por utilizar el ciclo PHVA, para llevar a cabo el proceso de mejora. Se propuso la implementación de un plan de mantenimiento productivo utilizando el diagrama de Gantt. Además, se propuso una clasificación ABC para el almacén de materias primas, con el objetivo de mejorar la organización y la gestión de los materiales. La investigación planteó tres objetivos principales. El primer objetivo fue realizar un diagnóstico actual, identificando los reclamos más frecuentes, como el reclamo por alumbrado público y las conexiones domiciliarias. Se determinó que el reclamo por alumbrado público "DT1 (lámpara apagada o intermitente)" era el más común, representando el 26.20% de los reclamos. Se establecieron los plazos de atención y resolución para cada tipo de reclamo. El segundo objetivo fue mejorar el proceso de atención de reclamos mediante la caracterización del proceso, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, la capacitación del personal en atención al cliente y la mejora en la adquisición y distribución de materiales. Por último, se realizó un análisis costo-beneficio de la implementación de la propuesta de mejora. Se determinó que con una inversión de S/ 13,912.50, se obtendría un beneficio de S/ 15.95 por cada sol invertido.

Por otra parte, Criollo (2022) en su artículo de investigación “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Basado en Condición en el Área de Distribución de la Empresa Rural Energy en la ciudad de Cuenca – Ecuador” destaca la importancia de implementar un plan preventivo en una organización para garantizar un servicio continuo y eficiente, aunque es difícil lograr el perfecto funcionamiento de los procesos operacionales debido a factores externos, es crucial ofrecer un servicio más eficiente y reducir las fallas y demoras en el suministro de energía eléctrica. El objetivo principal del estudio fue implementar un plan de mantenimiento preventivo en las redes eléctricas de distribución utilizando un enfoque basado en condición CBM que se

basa en el monitoreo constante del estado de los elementos de un activo para determinar cuándo es necesario reparar o reemplazar un equipo. Esto permite evitar interrupciones no programadas, prolongar la vida útil de los componentes de la red y minimizar las interrupciones del servicio. El plan de mantenimiento se basó en la Norma ISO 17359 adaptada a las redes eléctricas. Se utilizaron herramientas de ingeniería como diagramas de Ishikawa y Pareto para identificar las principales causas raíz de las fallas diarias y determinar cómo se pueden minimizar mediante un plan de mantenimiento preventivo. El análisis del retorno de la inversión y el costo del ciclo de vida mostró que, a pesar del incremento en la inversión en equipamiento para mantenimiento, la empresa cumpliría con los índices de calidad establecidos y evitaría los costos de penalización por interrupciones en el suministro de energía eléctrica. Esto garantizaría el retorno de la inversión y reduciría las quejas de los usuarios por las interrupciones frecuentes en el servicio.

A Nivel Nacional

Duque (2016) en su artículo "Análisis con Base en la Falla del Servicio Público de Energía en Colombia y Consecuencias en su Economía" analiza las fallas en el suministro de energía eléctrica en Colombia y su impacto en la economía del país. El objetivo del estudio fue determinar los efectos de los cortes e interrupciones en el servicio de energía eléctrica, especialmente en los sectores comercial, industrial y de servicios. El estudio utilizó diversas herramientas ingenieriles para evaluar los efectos de las interrupciones en términos económicos, como pérdidas de producción, lucro cesante y pérdidas de productos debido a la interrupción de la cadena de frío. También se identificó un aumento en los hechos criminales durante los cortes de energía. La magnitud del impacto económico y social de las fallas en el suministro eléctrico depende del área afectada y de la duración de las interrupciones. Se recomienda que los operadores de red y los ingenieros de mantenimiento implementen planes de acción para mejorar esta problemática y resolver las fallas de manera más rápida. Esto permitirá aumentar la productividad y generar desarrollo social y económico a nivel departamental y nacional.

En un entorno competitivo global, las empresas deben buscar constantemente mejoras para aumentar su productividad y eficiencia en los procesos. Según Vergara & López (2019) en su artículo de investigación " Lean Six Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia" el tiempo

es uno de los principales factores que afectan la productividad, especialmente el tiempo de respuesta al cliente. El objetivo del proyecto fue aplicar las herramientas Lean Six Sigma y herramientas cuantitativas para mejorar un caso real en una empresa en el Valle del Cauca. Se analizaron los tiempos improductivos históricos y se identificó el alistamiento como la actividad con mayor incidencia. Mediante la metodología DMAIC, se identificaron las causas raíz y se agruparon según el método de las 6M. Se generaron 13 ideas de solución y mejoras, que se priorizaron utilizando una matriz de impacto/esfuerzo, también se empleó el software Flexim para realizar una simulación e implementar las mejoras propuestas. La metodología SMED mostró una reducción significativa en los tiempos de cambio, alcanzando una reducción del 36%. Se compararon los tiempos con datos históricos y se observaron mejoras en el indicador de Capacidad del Proceso en todos los casos.

A Nivel Local

El artículo realizado por Villareal et al. (2018) llamado “Propuesta para mejorar la productividad en el proceso de suspensión de energía en la Compañía Energética de Occidente, con la metodología DMAIC”, aborda la problemática de la baja productividad en las brigadas encargadas de la suspensión de energía en la Compañía Energética de Occidente. Se identificaron factores externos que afectaban la productividad, como el clima y la topografía del terreno donde se ejecutan las actividades. Los objetivos específicos fueron caracterizar el proceso de Suspensión, Corte y Reconexión (SCR), definir el problema y sus causas potenciales, y proponer estrategias de mejora y control. Se utilizaron diversas herramientas, como SIPOC, Project Charter, gráficos de control, diagrama Causa-Efecto, 5 porqués, diagrama de Pareto y mapas de sectores de Heijunka. Se recolectó información detallada sobre el proceso y se analizó mediante métodos estadísticos e ingenieriles. Se identificó que la principal causa de la baja productividad era el enrutamiento incorrecto de las brigadas, lo que generaba reprocesos y pérdida de tiempo. Se propusieron medidas de mejora, como la creación de un mapa estratégico para ubicar las actividades, un mayor seguimiento de la operativa en campo y la optimización de la ruta de operación mediante un método de barrido. Se diseñó un plan basado en herramientas Lean Six Sigma para contrarrestar los efectos negativos del problema y mejorar el proceso.

Según menciona Molina & Guerín, (2021) en su artículo “ Diseño de una Propuesta de Mejora para la Disminución del Tiempo de Atención Al Cliente en el Restaurante Italiano Mediante la Metodología DMAIC” una de las variables que más afecta la calidad del servicio son los altos tiempos de espera, por ello, el objeto principal de este estudio se basó en diseñar mejoras para optimizar los tiempos de espera en la entrega de pedidos, y de esta forma minimizar al máximo las constantes quejas e inconformidades por parte de los consumidores. En primer lugar, se determinó la metodología Six Sigma con el objeto de reducir la variabilidad de los procesos, a partir de la aplicación de las etapas de la herramienta DMAIC, la cual permitió identificar las principales causas que aquejan esta problemática que son: el mal diseño del proceso, la falta de personal y la baja capacidad del equipo. Finalmente, se plantearon diferentes propuestas de mejoras, enfocadas en dar solución a las principales causas de los altos grados de espera. En las mejoras planteadas, se utilizó el software FlexSim con el objeto de simular el escenario futuro del restaurante. Lo que indicó que el restaurante presentaría una mejora significativa en relación con la capacidad del proceso a largo plazo (Ppk). Inicialmente el Ppk fue de 0,07 y con las mejoras se incrementó a 0,58, evidenciando una mejora de 0,47. Lo cual representa un incremento del nivel Z equivalente a 1,38, reduciendo el número de defectos por millón de oportunidades (DPMO) en un 36,13%.

Vásquez (2019) aplicó la metodología DMAIC en el proceso productivo de la empresa "Productos Los Comuneros". Mediante el diagrama de flujo y el diagrama SIPOC, identificaron posibles causas de baja productividad. En el análisis de datos, encontraron que la temperatura del aceite de fritura era la principal causa de variabilidad y desperdicio de productos. Mediante un estudio diario, descubrieron que los productos se freían a temperaturas inadecuadas, lo que resultaba en productos quemados o crudos. El desperdicio estimado equivalía a $800,000 mensuales y el 6.3% de las ventas anuales. En la etapa de análisis, identificaron las causas principales de la variabilidad de la temperatura y las relacionaron con las 6M (Medición, Medio, Material, Método, Personal, Maquinaria). Realizaron una prueba piloto con un control estricto de las temperaturas adecuadas de freído durante tres días, lo que mejoró la capacidad del proceso de 0.23 a 0.57. Como opciones de mejora, propusieron regular continuamente la temperatura del aceite con un termómetro y utilizar herramientas Poka Yoke, como letreros y controles de temperatura, para contrarrestar el efecto negativo. Además, sugirieron planes de capacitación,

mantenimiento y limpieza, calibración de equipos y un plan de seguimiento para determinar oportunidades de mejora en la fase de control.

Descripción del impacto

Varios autores concuerdan en que brindar un servicio al cliente adecuado es fundamental para cualquier organización dedicada a la producción de bienes o servicios. Esto implica comprender y asistir a los clientes en sus necesidades, mantener una comunicación fluida, responder de manera rápida y efectiva a sus solicitudes, así como identificar sus necesidades para proponer mejoras (Tech Blog, 2020). Por tal motivo el problema que se abordará en este estudio radica en la manera que La Compañía Eléctrica del Cauca, en calidad de comercializador y distribuidor de energía eléctrica en el departamento en mención, realiza su proceso de atención y solución a las diferentes fallas que se presentan en su sistema eléctrico en la ciudad de Popayán, es decir, usuarios del casco urbano y de la zona rural de la capital caucana que pueden durar hasta 24 horas sin fluido eléctrico viéndose perjudicados en diferentes aspectos de la vida cotidiana: refrigeración de alimentos, medicamentos, teletrabajo, actividades académicas, entre otras.

Con este estudio se beneficiará La Compañía Eléctrica del Cauca, especialmente en dos enfoques: en primer lugar, porque mejorará su imagen corporativa en su zona de operación y segundo porque incrementará sus ingresos dado que se reducirán los tiempos en que deja de atender su demanda; como segundos beneficiados serán todos los usuarios de esta empresa y comunidad en general de la ciudad de Popayán, pues les permitirá disponer de un servicio de energía eléctrica continuo y eficiente.

Glosario

Software SmartVu: es un software de origen canadiense, cuya función es la de gestionar la operación de las empresas dedicadas a la prestación de servicios públicos domiciliarios en el mundo, este sistema se ubica en tercer nivel de la pirámide de automatización, pues mediante un sistema de Supervisión, Administración y Adquisición de Datos (SCADA) permite el monitoreo y control en tiempo real de todo el sistema eléctrico del departamento del Cauca, así como la gestión y seguimiento, desde el registro de la falla eléctrica en la plataforma hasta su cierre, de todos los daños que ocurren en el sistema eléctrico.

Orden de Trabajo (OT): es una plantilla digital donde se detallan las especificaciones de un servicio, categorizada por un número en orden secuencial.

TOA: plataforma online para la gestión de órdenes de trabajo, es decir, es una aplicación online a la que se ingresa con un usuario y contraseña, donde se deja plasmado todo el trámite realizado en la ejecución de un trabajo asignado: análisis de riesgo, material utilizado, horarios de la labor y observación de lo ejecutado.

Personal Digital Assistant (PDA): es un dispositivo móvil mediante el cual se ingresa al aplicativo TOA para gestionar la orden de trabajo asignada, desde la recepción de la información técnica del usuario hasta el cierre con la información necesaria de los trabajos desarrollados.

Brigada semipesada: confirmada por dos técnicos electricistas y un conductor que maneja un vehículo tipo camioneta con tracción en las 4 ruedas (4x4), dotada de las principales herramientas, materiales e insumos que son necesarios para dar solución a cualquier tipo de avería que se presente en la red eléctrica.

Tiempo Medio de Respuesta (TMR): es el tiempo promedio en que un daño se atiende, o sea, es un indicador de área que estadísticamente cuenta el tiempo desde que el usuario realiza el reporte de la falla eléctrica por cualquiera de los medios que dispone la empresa y queda su registro en el software SmartVu, hasta que la brigada semipesada realiza la atención en terreno y cierra la orden de trabajo (OT).

Metodología

En línea con la información encontrada en el estado del arte, existe cantidad de metodologías y herramientas, que permiten analizar y mejorar procesos en empresas de manufactura y de servicios. En tal sentido, para minimizar los tiempos de respuesta en que La Compañía Eléctrica del Cauca resuelve las fallas que se presentan en la red eléctrica, se hará uso de diferentes herramientas ingenieriles estudiadas en el marco teórico y fundamentadas en la revisión bibliográfica de este proyecto; es decir, para el cumplimiento del objetivo del estudio, se implementarán herramientas Lean Six Sigma mediante el enfoque de DMAIC.

Desarrollo de la metodología DMAIC

Definir y Medir

La metodología base para el desarrollo del presente estudio es DMAIC, las herramientas utilizadas en cada una de sus etapas y el orden en que se empleen dependen del problema identificado en el proceso y el modo en que sea abordado, para analizar los datos e información obtenidos en la fase anterior y convertir estos, en información verdaderamente útil con el fin de encontrar las causas raíz del problema. (Pérez et al., 2020).

En primera instancia, se realiza un diagnóstico actual del proceso en estudio, este se ejecuta haciendo uso de diferentes herramientas ingenieriles, tales como, diagrama de flujo y de Pareto y encuestas de satisfacción. En la fase de diagnóstico, que comprende las etapas de Definir y Medir, se llevaron a cabo una serie de actividades clave para comprender y evaluar el proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en Popayán

En primer lugar, se utilizó la plantilla de la herramienta Project chárter que sirvió como punto de partida, delineando el alcance del proyecto, identificando al equipo de investigación y estableciendo un cronograma detallado.

Para obtener una comprensión completa de las necesidades y expectativas de los usuarios, se realizó una encuesta de satisfacción del cliente, conocida como la Voz del Cliente (VOC). Esta encuesta recopiló comentarios y opiniones sobre el servicio actual, permitiendo identificar áreas de mejora.

Además, se desarrolló un Diagrama de Flujo detallado que visualizó todas las etapas del proceso de atención de daños, desde la identificación inicial hasta la restauración del servicio. Esto facilitó la identificación de posibles ineficiencias o cuellos de botella en el proceso. Del mismo modo, el Diagrama SIPOC (Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente) fue empleado para mapear a todos los actores y elementos involucrados en el proceso, desde los proveedores iniciales hasta los clientes finales. Esto ayudó a comprender el flujo del proceso ya identificar áreas que requerían mejoras.

Por último, se dirigió una encuesta de clima laboral dirigida a los miembros de las brigadas de atención de daños, con el objetivo de obtener sus opiniones y sugerencias sobre el proceso y las condiciones laborales.

En la fase de medición, se consideraron los objetivos corporativos de La Compañía Eléctrica del Cauca, que incluyen alcanzar un Tiempo Medio de Respuesta (TMR) de menos de 3 horas y que el 90% de los daños sean atendidos en menos de 8 horas. Se analizaron datos históricos para evaluar si estos objetivos se estaban cumpliendo y se examina la productividad de las brigadas de atención de daños con el propósito de mejorar la eficiencia y reducir costos. Finalmente, se diseñó un plan para la recolección de datos y analizarlos para evaluar la capacidad del proceso y su rendimiento a corto y largo plazo, utilizando el nivel sigma del proceso como indicador que identificó factores críticos para la calidad (CTQ).

Analizar y Mejorar

En la fase de análisis y mejora, se han aplicado diversas herramientas con el propósito de identificar y resolver áreas específicas de mejora en el proceso de atención de daños eléctricos. Se comenzó analizando los Tiempos Medios de Respuesta (TMR) de los meses de abril, mayo y junio de 2023 mediante gráficos de control I-MR, lo que permitió detectar tendencias y variaciones en estos tiempos. Luego, se utilizó el análisis de Pareto para identificar la causa principal de las demoras en la atención de daños eléctricos, lo que proporcionó una dirección clara para las mejoras necesarias.

El diagrama de Pareto, también conocido como la curva de distribución ABC, resultó ser una herramienta valiosa para priorizar los aspectos más relevantes relacionados con el problema. Posteriormente, se aplicó la metodología de Los 5 Por Qué para evaluar profundamente la causa principal y de esta manera observar los procesos interconectados que afectan la transmisión de información dentro de la organización y descubrir la causa raíz del problema.

Se desarrolló un plan de mejora integral centrado en el equipo de trabajo para abordar las deficiencias identificadas en el proceso. Este plan se basó en las mejoras potenciales y se diseñó

con el objetivo de contrarrestar las causas fundamentales de las demoras en la atención de daños eléctricos y la asignación inoportuna de tareas a las brigadas.

Finalmente, se llevó a cabo una simulación del proceso propuesto durante un período de 16 días, con acompañamiento y pruebas diarias a distintas brigadas en turnos alternados. Esto permitió realizar un total de 32 pruebas en un lapso de 16 días y demostró mejoras sustanciales en los tiempos de resolución de los daños eléctricos.

Controlar

En primer lugar, se empleó un diagrama de barras basado en los resultados obtenidos en la tabla 14. Esta gráfica compara el Tiempo Medio de Respuesta (TMR) del mes de agosto de 2022 con el TMR de la prueba piloto realizada para cumplir con el objetivo 3 del estudio. Esta herramienta proporciona una representación visual de la mejora lograda y permite una fácil interpretación de la diferencia entre los dos conjuntos de datos.

Posteriormente, se ha procedió a desarrollar la quinta etapa de DMAIC, la fase de Controlar. En esta etapa, se ha estableció un plan de monitorización y mejora continua. El objetivo principal de este plan es asegurarse de que las brigadas cuenten con todos los dispositivos de comunicación, herramientas, materiales e insumos necesarios al iniciar su jornada laboral. Esto garantiza que puedan llevar a cabo sus actividades de manera eficiente y sin interrupciones.

La implementación de este plan de monitorización y mejora continua estará a cargo del supervisor de las brigadas de Popayán una vez que se haya estabilizado y se haya asegurado la consistencia en su aplicación.

CAPÍTULO I

Diagnóstico del proceso de atención de daños de la Compañía Eléctrica del Cauca

En esta sección, se abordará el primer objetivo específico, que consiste en llevar a cabo un análisis exhaustivo y detallado de la situación actual que caracteriza al proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán mediante el cumplimiento de la primera y segunda fase del ciclo DMAIC. Este diagnóstico es fundamental para

comprender a fondo los elementos que influyen en el funcionamiento actual del proceso y para identificar las áreas que requieren mejoras. Se explorarán los puntos fuertes y debilidades del proceso, así como las posibles oportunidades de optimización. A través de un enfoque estructurado y basado en datos, se obtendrá una visión clara y objetiva de cómo se está llevando a cabo el proceso en la actualidad, lo que sentará las bases para las futuras mejoras y la implementación de herramientas Lean Six Sigma en las etapas subsiguientes.

La fase inicial se enfocó en identificar la variable que impacta de manera más significativa el proceso de atención de daños. Para lograr esto, el proceso comenzó con la creación del Project Chárter, que delineó la meta de la investigación, el ámbito del proyecto, el equipo designado para llevar a cabo la investigación, y el plan de actividades que se ejecutaran de acuerdo al cronograma establecido.

Project Chárter

Tabla 2. Project Chárter

Nombre del Proyecto	Propuesta para el mejoramiento del proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán mediante herramientas Lean Six Sigma.	Fecha de inicio	01/03/2023
		Fecha fin	05/09/2023
Líder estudiantil del proyecto	Anyi Dulcey Henry Iván Molano		
Asesor estudiantil	Ingrid Milena Fernández		
Información del proyecto			
¿Qué es el proyecto?	Este proyecto se refiere a la propuesta de mejora del proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en la ciudad de Popayán, utilizando la metodología DMAIC y herramientas Lean Six Sigma.		
¿Para qué es el proyecto?	Implica un análisis del proceso de atención de daños actual en la compañía eléctrica, la identificación de áreas de mejora, la aplicación de herramientas y metodologías específicas (DMAIC y Lean Six Sigma) para optimizar el proceso y, finalmente, la evaluación de los resultados obtenidos a través de las mejoras implementadas		
Alcance del proyecto	El alcance incluirá el análisis de la situación actual, la identificación y aplicación de herramientas Lean Six Sigma, y la evaluación de los resultados después de la implementación.		
¿Cuáles son los entregables?	• Análisis de la situación actual del proceso de atención de daños • Propuesta documentada para el mejoramiento del proceso utilizando herramientas Lean Six Sigma		

	• Implementación efectiva de las mejoras en el proceso de atención de daños • Evaluación de la eficacia de las mejoras y recomendaciones para su sostenibilidad		
Entregables	**Tareas principales**	**Inicio**	**Final**
Project Chárter	Establecer las actividades a llevar a cabo	2/06/2023	2/06/2023
VOC	Conocer las expectativas y necesidades de los clientes	3/06/2023	30/06/2023
SIPOC	Recolectar información de las entradas y salidas del proceso	1/07/2023	1/07/2023
Encuesta de clima laboral	Conocer y medir el estado de ánimo real de su talento humano	3/07/2023	9/07/2023
TMR	Recolección de datos históricos	10/07/2023	12/07/2023
Cartas de control **I-MR**	Análisis de datos históricos	13/07/2023	14/07/2023
Diagrama de Pareto	Análisis de causas	15/07/2023	17/07/2023
5 porqués?	Análisis de causas	18/07/2023	19/07/2023
Capacidad del proceso	Determinar el nivel sigma	21/07/2023	22/07/2023
Productividad	Medir la eficiencia	23/07/2023	24/07/2023
Plan de acción	Diseño de plan de acción	25/07/2023	04/08/2023
Prueba piloto	Implementar plan de mejora	15/08/2023	30/08/2023
Evaluar y controlar	Evaluar el estado final del proceso	31/08/2023	06/09/2023

Fuente: Elaboración Propia (2023).

En la tabla No. 4 se observa el Project chárter del proyecto; en el cual se establece el alcance del mismo. Esta iniciativa busca optimizar el proceso de atención de daños de la empresa, a través de un análisis más detallado, se puede comprender cómo se abordará el proyecto, qué áreas serán impactadas y cómo se medirá su éxito.

El enfoque del proyecto se concentra en mejorar la eficacia del proceso de atención de daños de La CEC en la ciudad de Popayán. Éste abarcará desde el diagnóstico de la situación actual hasta la evaluación de la versión optimizada del proceso.

El cronograma del proyecto ha sido definido con precisión, estableciendo fechas de inicio y finalización que proporcionan un marco temporal claro. Además, se detalló un cronograma que enumera las actividades específicas. Esta planificación facilitará la organización, asignación de recursos y gestión efectiva del tiempo. Los entregables claramente definidos aseguran que el progreso pueda ser medido y evaluado puntualmente.

En síntesis, este proyecto aspira a generar una contribución significativa a la excelencia operativa de La CEC, capacitándola para ofrecer un servicio de atención de daños que sea más eficiente, ágil y confiable. Al lograr esta mejora en la calidad del servicio, se prevé una elevación en la satisfacción del cliente. Por lo tanto, resulta fundamental comprender inicialmente la percepción de los clientes respecto al servicio y su calidad, junto con sus sugerencias.

En este sentido, se emplea la herramienta VOC (Voz del Cliente), que identifica quejas y opiniones de los clientes. Esta estrategia se basa en el reconocimiento de que los clientes son la principal fuente de información para identificar áreas de mejora y enfoques que requieren atención especial.

Fase definir

Voz del cliente

Con el fin de identificar las necesidades y expectativas de los usuarios, medir su satisfacción, recopilar comentarios e identificar patrones se procedió con la realización de una encuesta a través de la técnica de muestreo por conveniencia, que es un método no probabilístico utilizado en la investigación y recopilación de datos y se basa en la selección de individuos o elementos que son fácilmente accesibles para el investigador, cuyo objetivo principal es obtener información preliminar para generar hipótesis (Otzen & Manterola, 2019).

$$\boldsymbol{n = \frac{z^2 N\, p\, q}{e^2(N-1) + Z^2\, p\, q}}$$

N= Población=251500

P= probabilidad a favor 70%=50%

Q= probabilidad en contra 30%=50%

E= margen de error=10%

n= tamaño de la muestra= **285**

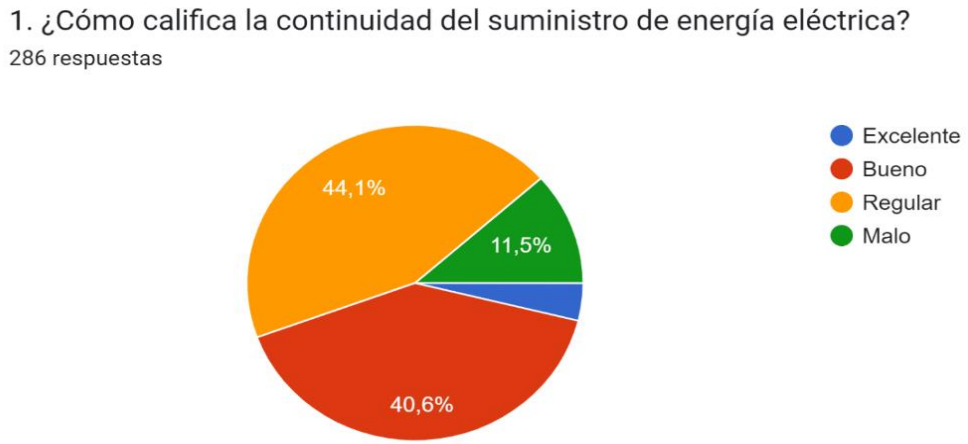
$\boldsymbol{z^2}$**=** nivel de confianza=90%

Población objetivo: Usuarios de La Compañía Eléctrica del Cauca de Popayán

Según la fórmula para calcular el tamaño de la muestra, un valor representativo de la población objetivo, o sea, de los 251.500 usuarios que La Compañía Eléctrica del Cauca tiene en

Popayán son 285 personas que se encuestaron (ver anexo 2), labor que tomó un mes, pues la encuesta se desarrolló en las 9 comunas que tiene Popayán y en el sector rural, información que fue organizada y tabulada en Microsoft Excel y Google Forms:

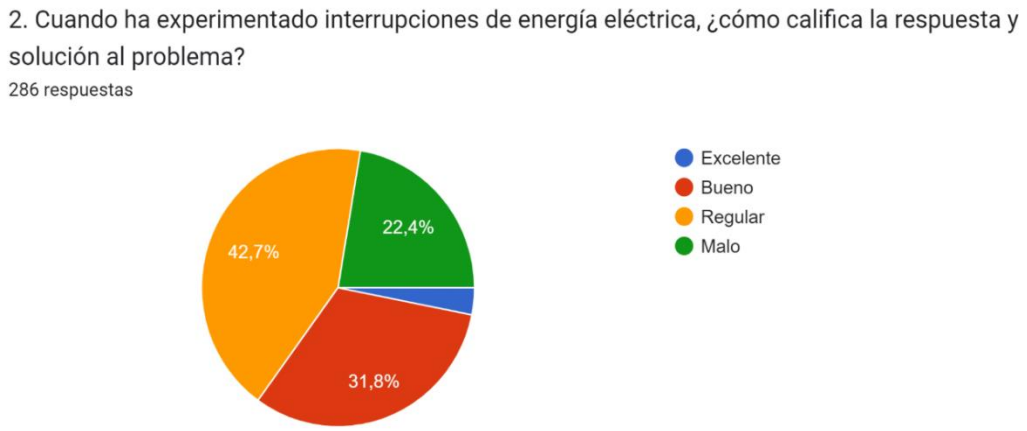
Figura 3. Encuesta voz del cliente



Fuente: Elaboración Propia (2023).

De acuerdo con la pregunta 1, una pequeña minoría de los encuestados está muy satisfecha con el suministro de energía eléctrica, así mismo, el 40.6% de los encuestados está satisfecha con la prestación del servicio, aunque no lo considera excelente, pese a estos resultados, más de la mitad de los usuarios (55.6 %) percibe que la Compañía Eléctrica del Cauca presta un servicio regular y malo, por lo cual, es importante entrar a estudiar este resultado con el propósito de comprender las razones detrás de estas calificaciones, para ello se procedió analizar estos dos valores: 44.1 % que lo califica como regular y 11.5% que lo cataloga como malo, encontrando que el 70.5% de los encuestados que dieron esta calificaciones pertenecen al sector rural, lo que conlleva a afirmar que en esta zona de Popayán es donde la mayoría de los usuarios percibe una mala prestación del servicio de energía por parte de la CEC.

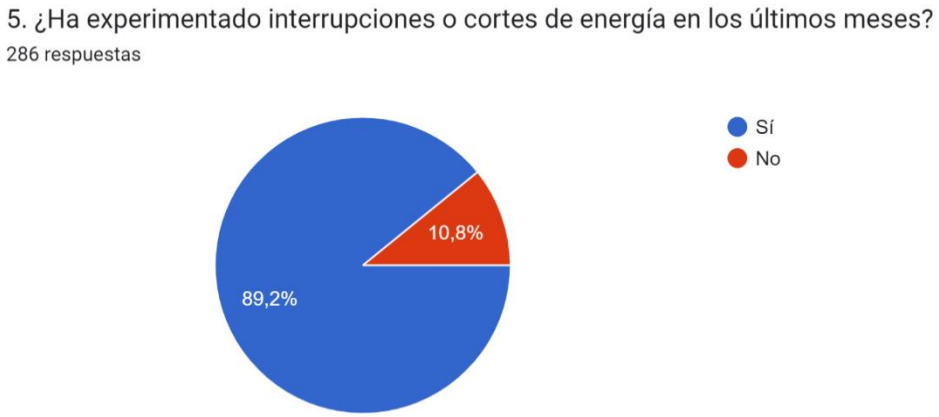
Figura 4. Encuesta voz del cliente



Fuente: Elaboración Propia (2023).

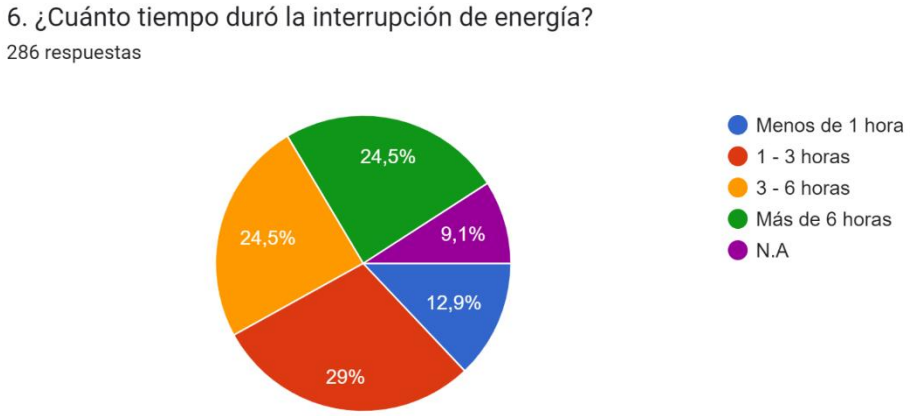
Por otra parte, en la pregunta 2, se observa un comportamiento similar a la respuesta anterior, puesto que el 65.1% de las personas encuestadas califican como ineficiente la respuesta de la empresa cuando se presentan fallos eléctricos, es decir, que pasan largos periodos de tiempo para restaurar el servicio, por lo cual, nuevamente se analizaron estos resultados dando que el 77.39 % de estas respuestas son de habitantes del sector rural, de igual manera en concordancia con las respuestas obtenidas en la pregunta 5, se afirma que del 89.2 % de las personas que han experimentado cortes de energía en los últimos meses, el 72% son del sector rural de Popayán, cuyas interrupciones duraron, por lo general, más de 6 horas, según las respuestas obtenidas en la pregunta 6.

Figura 5. Encuesta voz del cliente



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Figura 6. Encuesta voz del cliente



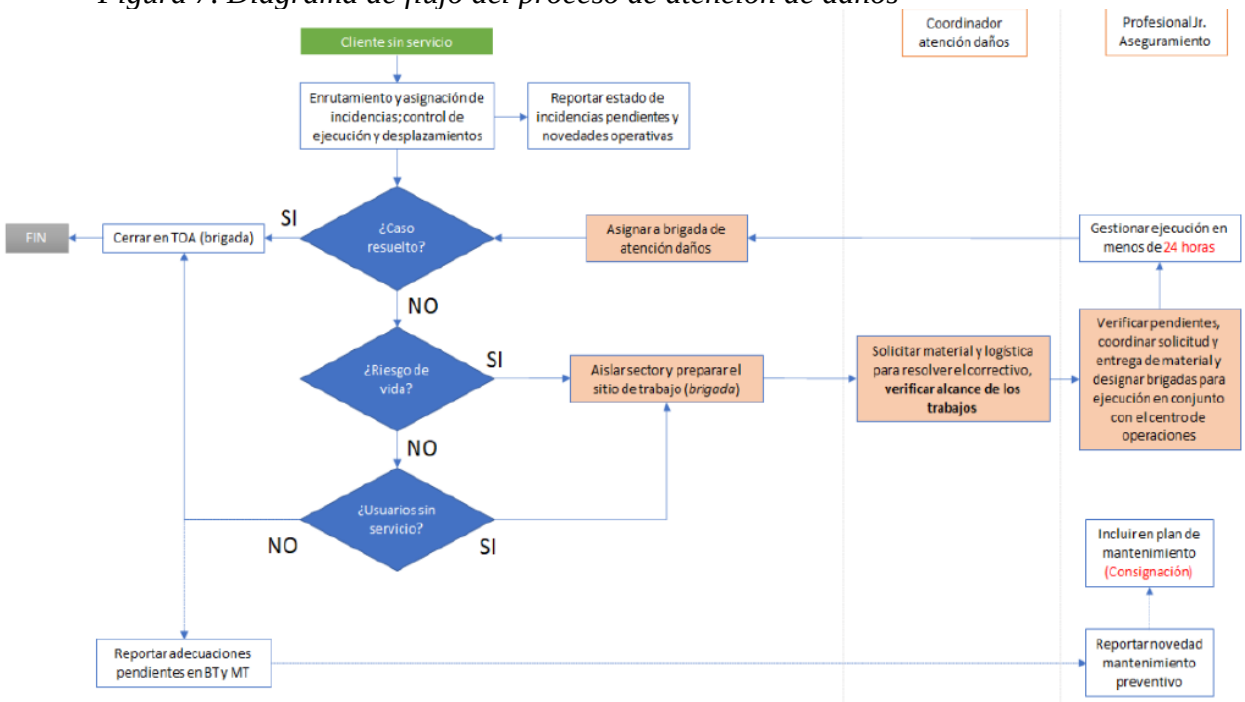
Fuente: Elaboración Propia (2023).

La satisfacción del cliente es un elemento esencial para el éxito de cualquier organización. Tras la realización de la encuesta de satisfacción del cliente, hemos obtenido valiosas percepciones y comentarios que nos permiten entender cómo las operaciones están impactando directamente en la experiencia de los clientes. Sin embargo, para lograr un entendimiento completo y efectivo, es fundamental vincular estos datos con el diagrama de flujo del proceso actual. Este enlace ayudará a identificar de manera precisa cómo cada etapa del proceso está influyendo en la percepción del cliente, proporcionándonos una base sólida para la propuesta de mejoramiento bajo el enfoque Lean Six Sigma.

Diagrama de flujo

En el siguiente diagrama de flujo se representa el proceso de atención de un daño eléctrico; a través de una serie de pasos definidos se busca identificar las causas del daño eléctrico, llevar a cabo las reparaciones necesarias y restablecer el funcionamiento seguro del sistema eléctrico. Este diagrama de flujo detalla las acciones a tomar en cada etapa del proceso, incluyendo medidas de seguridad, evaluación de daños, desarrollo de un plan de reparación, pruebas y validación, así como la implementación de medidas preventivas para evitar daños futuros.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de atención de daños



Fuente: CEO (2021).

De acuerdo al esquema previo, se observa que la etapa de "enrutamiento y asignación de incidencias; control de ejecución y desplazamientos" se lleva a cabo de manera semiautomática, pues este proceso, un operador en el Centro de Operaciones utiliza el Software SmartVu para asignar tareas relacionadas con daños eléctricos a una brigada específica, la cual se encarga de ejecutar las labores en el terreno. Sin embargo, surge un problema significativo en esta dinámica que afecta la prontitud en la atención de los incidentes.

En ocasiones, cuando la brigada se encuentra trabajando en reparaciones eléctricas en áreas rurales de Popayán, se enfrenta a la ausencia de cobertura de datos y señal telefónica. A pesar de esta limitación, se le asignan nuevas incidencias eléctricas en el mismo sector. Esto desencadena un proceso redundante, ya que la brigada recibe notificaciones de los daños asignados una vez que se acerca o regresa a la zona urbana. En consecuencia, se generan dos problemáticas fundamentales: primero, la eficiencia en la atención de los incidentes eléctricos en las áreas rurales se ve comprometida, ya que los recursos no se utilizan de manera óptima. Segundo, se originan repeticiones innecesarias y desperdicio de recursos, dado que la brigada se ve obligada a regresar a un lugar que ya ha intervenido previamente.

Dado que el diagrama de flujo nos proporciona una representación visual de cómo se desarrolla el proceso, su interconexión y las etapas involucradas, resulta esencial emplear el diagrama de SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) para llevar a cabo un análisis más exhaustivo. El diagrama SIPOC nos permitirá identificar de manera sistemática a todos los actores y elementos que intervienen en el proceso, desde los proveedores iniciales hasta los clientes finales, proporcionando una visión integral que nos ayudará a comprender y optimizar completamente cada aspecto de la operación. (Gueorguiev, 2018).

SIPOC

En el siguiente diagrama SIPOC se observa el procedimiento que se lleva a cabo en la resolución de un daño eléctrico en la Compañía Eléctrica del Cauca. A través de sus cinco componentes clave: Proveedor, Entrada, Proceso, Salida y Cliente, se puede identificar las fuentes de suministro, los insumos, las actividades, los resultados y los clientes involucrados en el proceso. Esta descripción detallada permite comprender el flujo del proceso y detectar oportunidades de mejora, facilitando así el diseño de propuestas efectivas para optimizar la atención de daños y garantizar la satisfacción de los clientes.

Tabla 3. Diagrama SIPOC para el proceso de atención de un daño

DIAGRAMA SIPOC

S	I	P	O	C
PROVEEDORES	**ENTRADAS**	**PROCESO**	**SALIDAS**	**CLIENTES**
Cliente (usuario que reporta el daño)	• Datos del usuario: nombre, teléfono, dirección y reporte del daño. • Programa **Smartvu.** • Aplicativo **TOA.** • **PDA** (Dispositivo móvil utilizado por la brigada).	**1.** El usuario reporta un daño por diferentes canales: llamada, correo electrónico, chat en línea, o de manera presencial. **2.** El usuario proporciona sus datos personales y detalles del daño. **3.** El Call Center (contratista de la compañía) registra la información en el software Smartvu. **4.** El Smartvu genera un caso de "desconexión" automáticamente. **5.** Los auxiliares de operaciones reciben la notificación y asignan el caso a una brigada de turno utilizando el aplicativo TOA. **6.** La brigada recibe la información del daño en su PDA. **7.** La brigada se dirige al sitio para atender el daño. **8.** La brigada realiza la restauración del servicio. **9.** La brigada cierra el caso en la PDA.	• Caso "desconexión" registrada en el software Smartvu. • Asignación del caso a una brigada de turno. • Información del daño enviada a la brigada a través de la PDA. • Restauración del servicio. • Información de la resolución del daño enviada a los auxiliares de operaciones. • Caso cerrado en el software Smartvu.	• Call Center (contratista de la compañía) • Auxiliares de operaciones • Brigadas

.

Fuente: Elaboración Propia (2023).

En la tabla 5. se detallan los actores involucrados en el proceso de atención de daños, los cuales son: los operadores del Call Center (Contratista), los auxiliares de operaciones y las brigadas. Estos equipos colaboran para llevar a cabo la resolución de los daños, un proceso que inicia con el reporte realizado por los clientes a través de diversos canales, por medio de los cuales proporcionan información personal y detalles específicos sobre el daño experimentado.

Una vez que los operadores del call center registran la información en el software SmartVu, automáticamente se genera un caso de "Desconexión". Luego, la notificación llega a los auxiliares de operaciones, quienes se encargan de asignar el caso a una brigada de turno utilizando el aplicativo TOA. La brigada recibe toda la información relacionada con el daño en su dispositivo móvil (PDA) y se dirige al sitio para realizar la restauración del servicio. Una vez completada la reparación, la brigada cierra el caso en la PDA.

Posteriormente, la información sobre la resolución del daño se envía nuevamente a los auxiliares de operaciones mediante TOA. Estos revisan y copian la información en Smartvu para cerrar definitivamente el caso. De este modo, se asegura un seguimiento completo y una adecuada conclusión del proceso de atención de daños.

El diagrama SIPOC realizado brinda una visión clara de las actividades principales involucradas en el proceso de atención de daños. Además, permite identificar posibles defectos en el proceso y resaltar áreas donde se presentan desafíos.

El principal problema que se evidencia, destaca la presencia de reprocesos o demoras en la transmisión de la información sobre el daño, especialmente cuando las brigadas se encuentran en zonas rurales con una conexión y cobertura de señal deficientes. Esto dificulta la comunicación y el uso efectivo de las herramientas y recursos electrónicos, que son fundamentales en este proceso, y afecta significativamente los tiempos de resolución del servicio. Esto indica una clara oportunidad de mejora en la eficiencia y fluidez de la comunicación entre los diferentes actores del proceso.

. Abordar esto exige revisar la asignación de turnos para garantizar personal disponible y capacitado durante momentos críticos, mejorando así la comunicación y agilizando el proceso de atención de daños en La Compañía Eléctrica del Cauca en Popayán.

Esquema de turnos actual de las brigadas operativas:

El Centro de Operaciones de la Compañía Eléctrica del Cauca dispone de 7 brigadas semipesadas que laboran por turnos desde las 6:00 am hasta las 10:00 pm de lunes a domingo (incluidos festivos), de la siguiente manera:

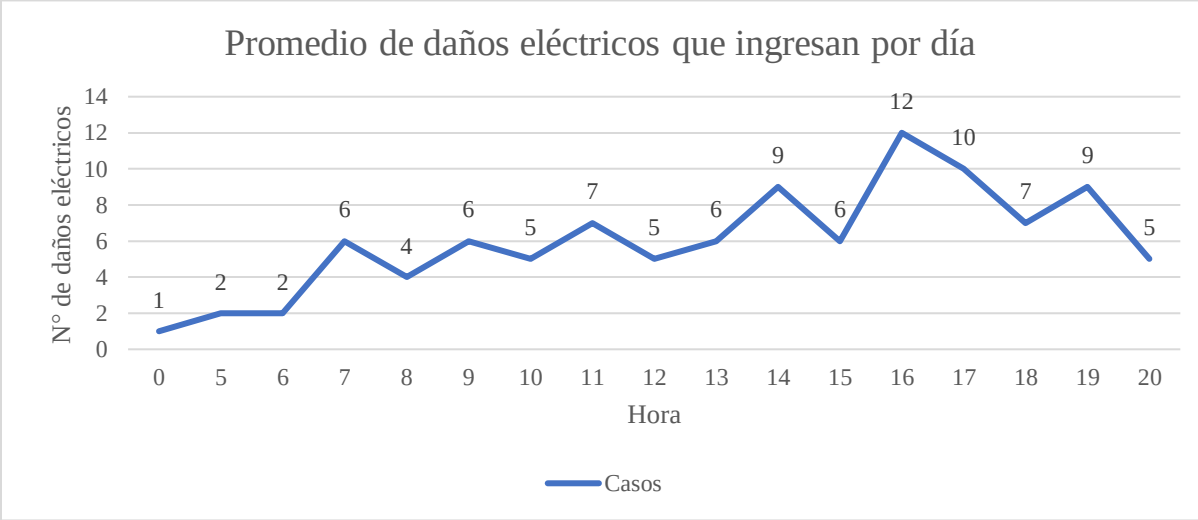
Tabla 4. Horarios de asignación para las brigadas

Brigada	Horario
A	6:00 am - 2:00 pm
B	6:00 am - 2:00 pm
C	7:00 am - 3:00 pm
D	8:00 am - 4:00 pm
E	2:00 - 10:00 pm
F	2:00 - 10:00 pm
G	2:00 - 10:00 pm

Fuente: Elaboración Propia (2023).

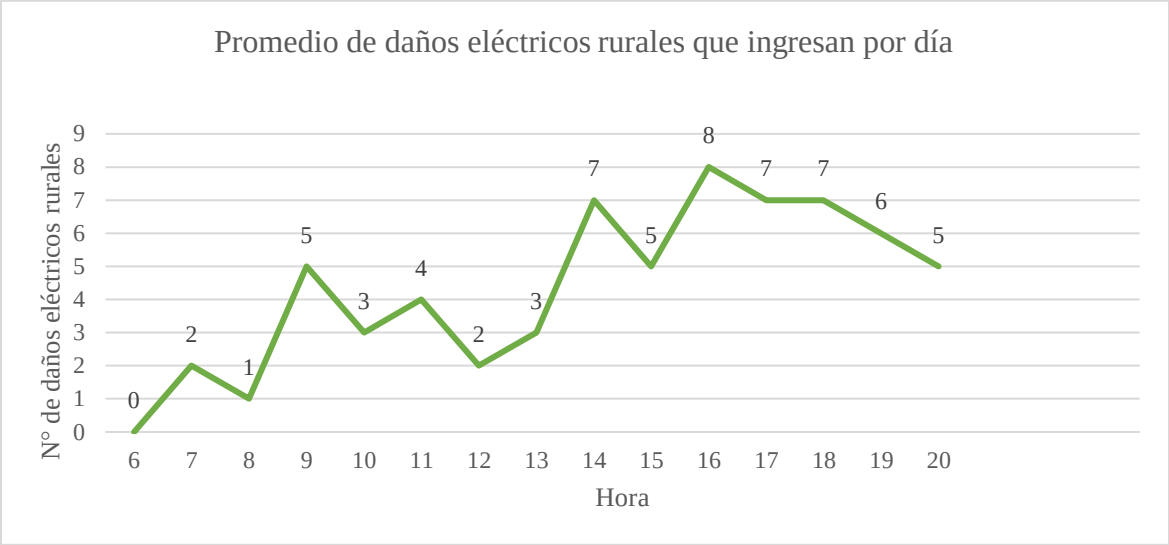
En línea con lo anterior, se procedió a realizar el cálculo promedio de los daños eléctricos que ingresan durante un día ordinario, datos que son representados en la siguiente gráfica:

Figura 8. Promedio de daños eléctricos por día



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Figura 9. Promedio de daños eléctricos por día del sector rural de Popayán



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Analizando el esquema de turnos vigente planteado para las brigadas de atención de daños, que incluye una distribución de horarios desde las 6:00 am hasta las 10:00 pm, no parece estar en consonancia con la realidad y la magnitud de los daños eléctricos que se presentan a lo largo del día, especialmente los de la zona rural de Popayán. El patrón actual de turnos no considera de manera adecuada la concentración de incidentes eléctricos en determinados momentos del día. Por ejemplo, en las horas de la tarde-noche, se observa una tendencia significativa en la cantidad de problemas eléctricos reportados. En contraste, los turnos muestran una presencia insuficiente de personal, lo que dificulta una respuesta eficiente a los picos de demanda. Para optimizar la eficacia y la capacidad de respuesta de la brigada ante los daños eléctricos, sería esencial replantear el esquema de turnos, asignando más recursos durante los períodos de mayor actividad y ajustando la distribución en función de los datos históricos de incidencias eléctricas a lo largo del día.

Para abordar este desafío y garantizar una mayor eficacia y capacidad de respuesta en las brigadas de atención de daños, es fundamental recopilar sus opiniones y sugerencias; por ello, fue necesario llevar a cabo una encuesta de clima laboral a miembros de las brigadas, con el objetivo de obtener una visión completa de sus percepciones y opiniones.

Encuesta de clima laboral de los auxiliares de operaciones y técnicos electricistas de CEC

Teniendo en cuenta que la percepción y satisfacción de los miembros claves dentro de un proceso son muy importantes para la eficiencia del mismo; se llevó a cabo, una encuesta dirigida a los auxiliares de operaciones y técnicos electricistas, principales actores involucrados en el proceso de atención de daños. El objetivo principal de esta encuesta fue comprender su percepción y satisfacción dentro de la empresa, con el fin de identificar áreas de mejora.

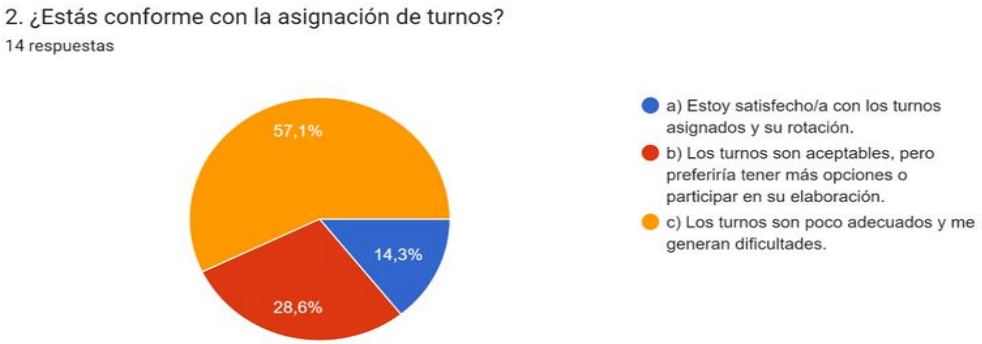
Con base en el proceso de atención de daños conformado por 2 auxiliares de operaciones y 7 brigadistas, se llevó a cabo la encuesta de clima laboral a un total de 14 participantes. A partir de los datos obtenidos, es posible realizar el siguiente análisis:

La encuesta de satisfacción revela una serie de aspectos importantes relacionados con los horarios asignados, la asignación de turnos, los salarios ofrecidos, las oportunidades de capacitación, la comprensión del lenguaje técnico y la valoración del trabajo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos: (ver anexo 3)

Figura 10. Encuesta clima laboral

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Figura 11. Encuesta clima laboral



Fuente: Elaboración Propia (2023).

En relación a las preguntas 1 y 2, se observa un marcado nivel de insatisfacción entre los encuestados. Un 50% y 57% de ellos, respectivamente, expresan su descontento en cuanto a los horarios y turnos asignados. Algunos miembros del equipo argumentan que estos horarios resultan extremadamente demandantes y ponen en riesgo el equilibrio entre su vida laboral y personal.

En otras palabras, alrededor de la mitad de los integrantes del equipo de atención a daños no están conformes con la programación de horarios. Es esencial destacar que los horarios que generan el mayor descontento son de 6:00 am a 2:00 pm, en los cuales las personas sienten que deben levantarse muy temprano, y con frecuencia, las condiciones climáticas y el transporte les causan problemas que afectan su rendimiento laboral. Además, el horario de 2:00 pm a 10:00 pm provoca fatiga y, en ocasiones, expone a los trabajadores a problemas de seguridad debido a la delincuencia común en esas horas.

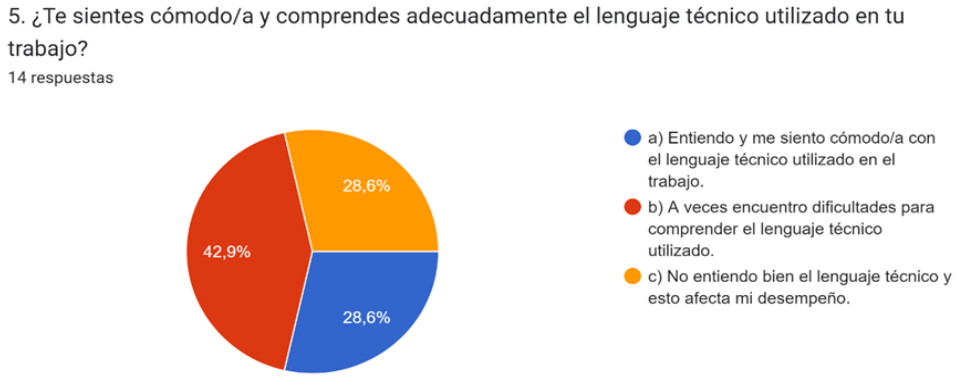
Es importante subrayar que, en numerosas ocasiones, las brigadas deben prolongar sus jornadas laborales para concluir casos y proporcionar soluciones rápidas a los problemas eléctricos, lo que implica trabajar horas extras. Esto a menudo resulta en un agotamiento considerable, especialmente cuando al día siguiente deben presentarse a trabajar a las 6:00 am. Esta situación afecta de manera significativa la eficiencia y productividad del equipo, lo que conlleva a demoras para la restauración del servicio eléctrico en la zona rural de Popayán.

En relación a la distribución de los turnos, es esencial resaltar que únicamente un 14.3% de los encuestados manifiesta estar contento con los turnos asignados y su sistema de

rotación. En contraste, un 28.6% considera los turnos como aceptables, aunque les gustaría contar con mayores alternativas o tener participación en su formulación. No obstante, un alarmante 57.1% opina que los turnos resultan inadecuados y les ocasionan dificultades. La obligación de laborar de domingo a domingo, con tan solo un día de descanso, desencadena agotamiento físico, cansancio y desánimo en el cumplimiento de sus labores cotidianas. En muchas ocasiones, especialmente cuando deben desplazarse repetidamente a zonas rurales durante sus turnos, expresan insatisfacción y perciben desorganización en la asignación de brigadas, notando que algunas unidades trabajan más que otras.

Este nivel de insatisfacción dentro del equipo de atención a daños tiene un impacto significativo en el desempeño de sus tareas cotidianas. El agotamiento derivado de estos horarios y turnos poco satisfactorios puede resultar en una falta de concentración y una disminución en el rendimiento del personal, lo que en última instancia afecta negativamente la eficiencia y efectividad del equipo de trabajo.

Figura 12. Encuesta de clima laboral



Fuente: Elaboración Propia (2023).

En referencia a la pregunta No. 5, es crucial destacar sus hallazgos ya que la comprensión plena del lenguaje técnico desempeña un papel fundamental en el desarrollo de cualquier actividad. Para que el flujo de información sea efectivo, es esencial que todos los miembros del equipo de trabajo dominen el mismo lenguaje técnico.

Se observa que el 28.6% de los encuestados muestra un entendimiento sólido y se siente cómodo con el lenguaje técnico empleado en el entorno laboral. Sin embargo, es

preocupante que el 42.9% experimente dificultades para comprenderlo, lo que indudablemente afecta su desempeño, en trabajo de campo, aún más en las zonas rurales, donde la cobertura de señal es muy deficiente lo que dificulta más la comunicación entre las brigadas y los auxiliares de operaciones. Además, un 28,6% no logra comprender adecuadamente el lenguaje técnico, lo que también repercute negativamente en su rendimiento. Estas deficiencias tienen un impacto significativo en la eficiencia y eficacia del proceso de atención de daños, ocasionando demoras en la restauración del servicio a los usuarios.

Estos resultados subrayan una serie de preocupaciones y áreas de oportunidad dentro de la empresa. Abordar estas cuestiones se convierte en un imperativo para elevar la satisfacción laboral y el bienestar de los empleados, lo que, a su vez, redundará en mejoras sustanciales tanto en la eficiencia como en la calidad del trabajo realizado. El objetivo último es lograr una mejora sostenible en el proceso de atención de daños, con un enfoque particular en la zona rural de la ciudad de Popayán. De acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta, esta área se ve especialmente afectada por las demoras en la restauración del servicio de energía. Al abordar estas cuestiones de manera efectiva, la CEC estará en condiciones de brindar un servicio de excelencia a sus clientes en esta zona y en toda su operación.

Fase medir

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos históricos del TMR de los últimos tres semestres de La Compañía Eléctrica Cauca en cuanto al proceso de atención de daños en la ciudad de Popayán, cabe resaltar que son valores en horas y en cada mes se tienen las siguientes variables:

TMR_Asig: es el tiempo promedio que trascurre desde que un daño se registra en el software SmartVu hasta que se le asigna una brigada.

TMR_Alist: es el tiempo promedio en que una brigada recepciona la información y se dispone a desplazarse para atender el fallo eléctrico.

TMR_Desp: es el tiempo promedio que dura el desplazamiento de una brigada hasta el lugar donde se presenta el daño eléctrico.

TMR _Ser: es el tiempo promedio que dura la reparación de la falla eléctrica

TMR_Dur: es el Tiempo Medio de Respuesta (TMR) que, en resumen, es el promedio final de las anteriores variables.

N°_Caso: número total de daños que se atendieron en el mes

Casos atendidos en <=8 horas: porcentaje de daños atendidos en menos de 8 horas.

Tabla 5. TMR del año 2022

2022							
Mes	TMR_Asig	TMR_Alist	TMR_Desp	TMR _Ser	TMR_Dur	N°_Caso	Casos atendidos en <=8 horas
Enero	0,65	1,54	0,29	0,42	2,90	1462	84%
Febrero	0,86	2,05	0,42	0,26	3,59	1443	86%
Marzo							
Abril	0,87	1,97	0,31	0,50	3,65	1074	86%
Mayo	0,62	1,51	0,34	0,47	2,93	797	87%
Junio	0,78	1,67	0,30	0,51	3,26	1316	89%
Julio	0,79	1,75	0,30	0,48	3,31	1299	87%
Agosto	0,77	2,02	0,29	0,45	3,53	1268	85%
Septiembre	1,60	2,68	0,21	0,37	4,86	2315	83%
Octubre	1,45	2,72	0,23	0,39	4,80	2198	80%
Noviembre	1,50	3,19	0,23	0,39	5,31	2314	82%
Diciembre	0,77	2,48	0,24	0,41	3,90	2078	83%

Fuente: CEO (2022).

* Los valores de marzo 2022 no fue posible obtenerlos por un daño en las plataformas tecnológicas de CEO derivado de un ataque cibernético.

Tabla 6. TMR hasta junio de 2023

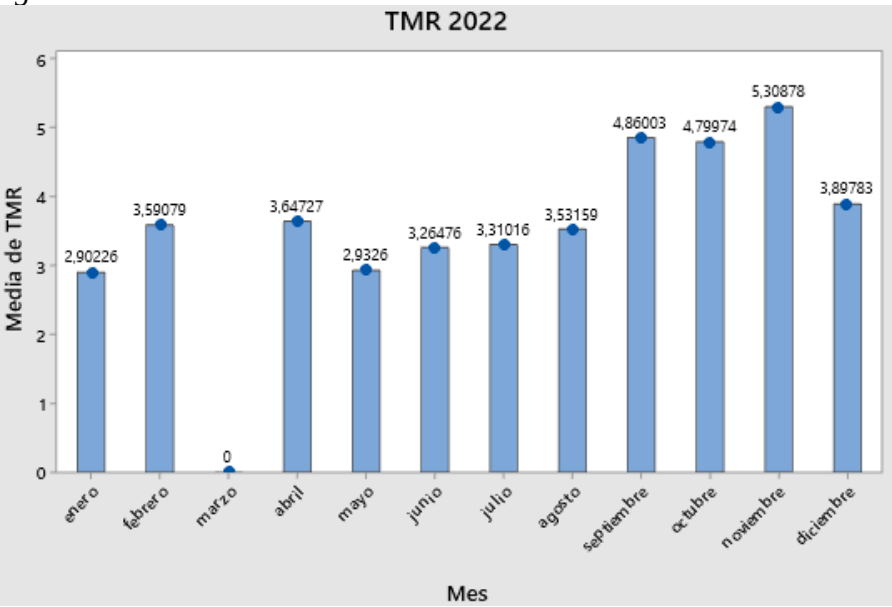
2023							
Mes	TMR_Asig	TMR_Alist	TMR_Desp	TMR _Ser	TMR_Dur	N°_Caso	Casos atendidos en <=8 horas
Enero	2,22	3,52	0,23	0,39	6,36	2400	80%
Febrero	1,31	2,41	0,24	0,39	4,34	1681	83%
Marzo	1,30	2,57	0,25	0,39	4,51	1962	82%
Abril	1,99	3,63	0,22	0,38	6,21	2535	79%
Mayo	1,32	2,68	0,26	0,42	4,69	1804	80%
Junio	1,45	2,59	0,23	0,44	4,71	1730	80%

Fuente: CEO (2023).

Cabe recordar que la promesa de valor de La Compañía Eléctrica del Cauca es que el Tiempo Medio de Respuesta (TMR) de los fallos eléctricos sea menor o igual a 3 horas y que el 90% de los daños sea atendidos en menos de 8 horas y como se aprecia en las anteriores tablas, esa meta corporativa no se está cumpliendo, salvo en los meses de enero y mayo de 2022 que son los meses donde únicamente se cumplió con el TMR de menos de 3 horas.

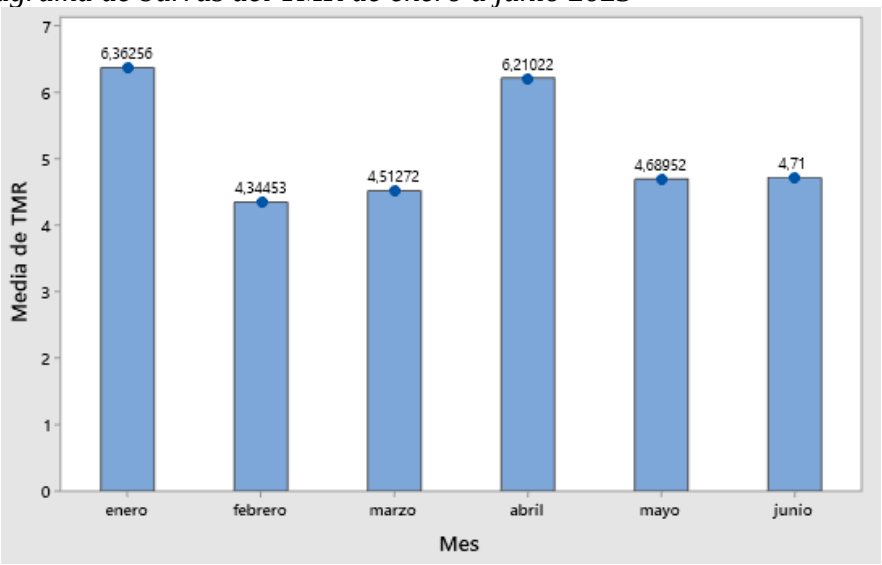
Por otra parte, se procedió a realizar un diagrama de barras donde se muestra el comportamiento del TMR en los últimos 3 semestres:

Figura 13. Diagrama de barras del TMR 2022



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Figura 14. Diagrama de barras del TMR de enero a junio 2023



Fuente: Elaboración Propia (2023).

En conclusión, los valores registrados en la tabla de 2022 oscilan entre 2.90 y 5.31 horas, mientras que los datos de 2023 varían entre 4.34 y 6.36 horas. Además, los porcentajes de casos atendidos en menos de 8 horas, aunque en algunos meses superan el 80%, no llegan al 90% requerido. Por tanto, es evidente que La Compañía Eléctrica Cauca enfrenta desafíos significativos en cuanto a la eficiencia y rapidez en el proceso de atención de daños en la ciudad de Popayán, lo que sugiere la necesidad de mejoras sustanciales en su operación y gestión para cumplir con las metas establecidas. Las figuras de los diagramas de barras refuerzan visualmente esta conclusión al mostrar la tendencia general de incumplimiento del TMR a lo largo de los últimos tres semestres.

Productividad actual de las brigadas de atención de daños.

Fontalvo (2020) menciona que la productividad se refiere a la eficiencia con la que una empresa utiliza sus recursos para proporcionar servicios esenciales a la comunidad, en este contexto, la productividad implica maximizar la capacidad de generar y entregar servicios de calidad mientras se minimizan los costos y se utilizan de manera eficiente los recursos disponibles. En tal sentido, se procedió a realizar el cálculo actual de la productividad de las 7 brigadas que tiene la CEC en su proceso de atención de daños en la ciudad de Popayán:

$$Capacidad\ mensual: N° \ de\ brigadas \times Horas\ de\ trabajo\ por\ brigada\ al\ día\ \times N° \ días$$

$$Capacidad\ mensual: 7 \times 8 \times 30 = 1680 \text{ horas / mes}$$

$$Promedio\ de\ la\ cantidad\ de\ daños\ atendidos\ en\ un\ mes = \frac{\sum_{i=1}^{17} N° \ de\ casos}{N° \ TMR's} = \frac{21420}{17}$$

$$Promedio\ de\ la\ cantidad\ de\ daños\ atendidos\ en\ un\ mes = 1260 \text{ daños/mes}$$

$$Productividad\ de\ las\ brigadas = \frac{Promedio\ de\ daños\ mes}{Capacidad\ mensual} = \frac{1260}{1680} = 0.75 = 75\%$$

El análisis de la productividad alcanzada hasta la fecha revela información valiosa sobre el proceso de atención de daños. Dentro de los objetivos establecidos para este proceso, uno de los más destacados es garantizar que el 90% de los incidentes eléctricos sean atendidos en un período inferior a las 8 horas. En otras palabras, la empresa busca alcanzar un nivel de productividad del 90%. Sin embargo, es evidente que existe un desfase del 0.15 con respecto a este ambicioso objetivo. En este contexto, se presenta este proyecto con el propósito fundamental de mejorar la productividad actual del proceso de atención de daños. Esto se hace necesario con el fin de lograr el cumplimiento de la meta corporativa, que representa un hito significativo en la eficiencia y calidad del servicio; para finalizar este capítulo se procedió con el cálculo de la capacidad del proceso.

Capacidad del proceso

Según Salazar (2022) la capacidad del proceso es su capacidad para cumplir con las especificaciones técnicas. Puede evaluarse como capaz, estable o inadecuado según su nivel de capacidad.

Prueba de normalidad

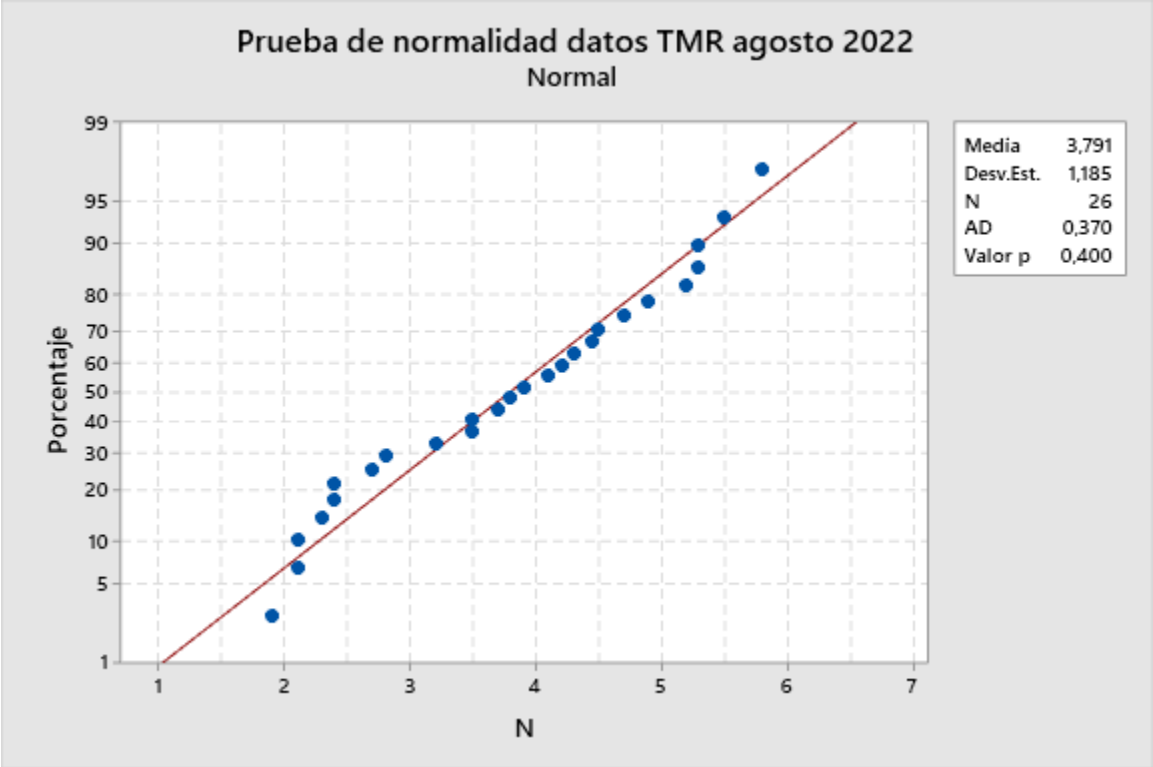
La evaluación de la normalidad se llevó a cabo utilizando el programa estadístico MINITAB, y el análisis se fundamentó en la técnica estadística conocida como el método de Anderson-Darling.

Para determinar si los datos siguen una distribución normal, se plantean las siguientes suposiciones:

- Hipótesis Nula: El valor p es mayor o igual al nivel de significancia establecido en 0,05.

- Hipótesis Alternativa: El valor p es menor que el nivel de significancia establecido en 0,05.

Figura 15. Prueba de normalidad muestra de datos TMR agosto 2022



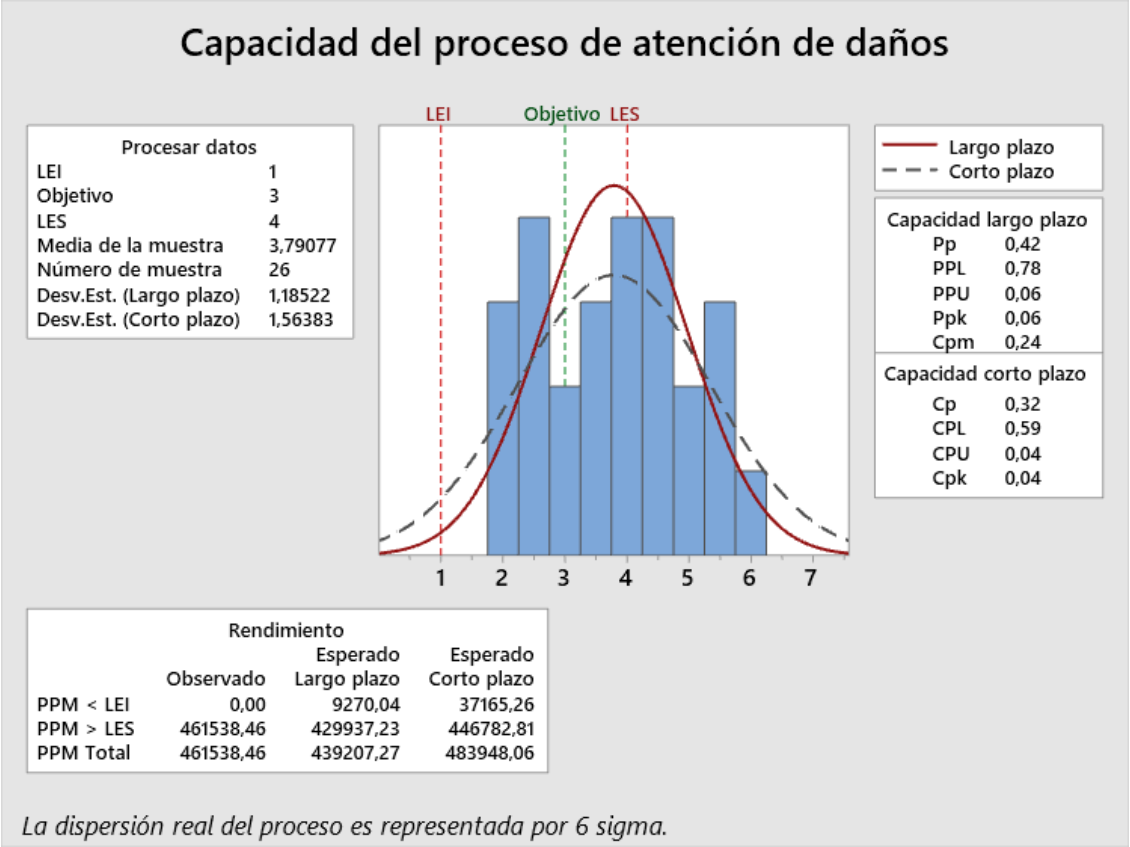
Fuente: Elaboración Propia (2023).

En la imagen previa se aprecia que los datos recopilados se ajustan bien a la línea recta. Además, el valor de p supera 0,05, lo que sugiere que los datos se distribuyen de manera normal. Además, esta visualización nos brinda información sobre la media y la desviación estándar del proceso, que son de 3.791 horas y 1.185 horas, respectivamente. Después de establecer la normalidad de los datos, podemos avanzar en el análisis de la capacidad del proceso de atención al usuario.

Capacidad del proceso:

Para calcular la capacidad del proceso, se procedió con la toma de una muestra representativa de datos del TMR de agosto de 2022, así como establecer los límites superior e inferior del proceso, que como se ha mencionado a lo largo del documento el objetivo es que el TMR sea de máximo 3 horas:

Figura 16. Capacidad del proceso de atención de daños TMR agosto 2022



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Figura 17. Interpretación cualitativa del índice Cp

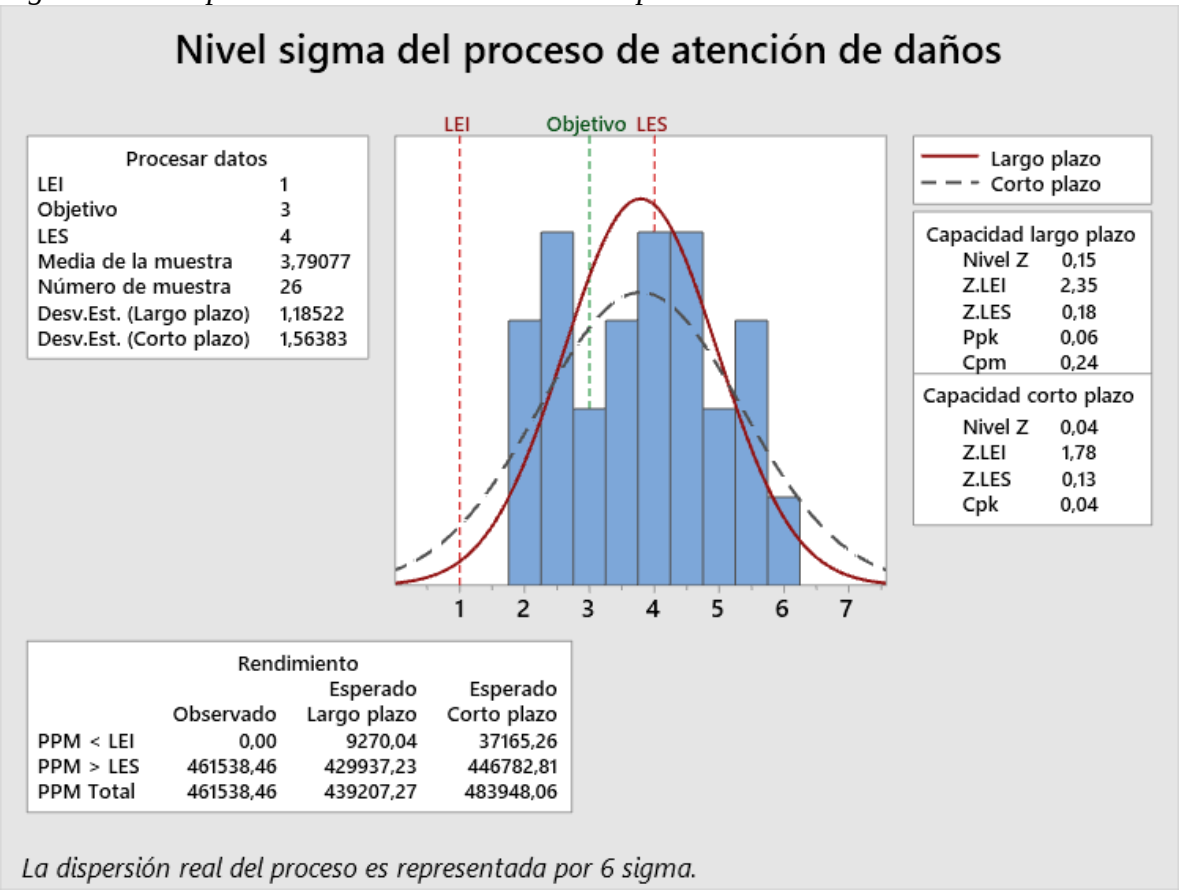
Valor del Cp.	Clase de proceso	Decisión
Cp. > 2	Clase mundial	Tiene calidad seis sigma
1.33 ≤ Cp. ≤ 2	1	Mas que adecuado
1 ≤ Cp. < 1.33	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el Cp. se acerca a uno.
0.67 ≤ Cp. < 1	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
Cp. < 0.67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.

Fuente: López (2019)

La capacidad del proceso evaluado se sitúa en 0,32, y dado que este valor es inferior a 0,67, el proceso se clasifica en la categoría 4, indicando una deficiencia en el proceso de atención al usuario que requiere modificaciones significativas. Asimismo, el valor bajo de Cp señala una alta variabilidad en el proceso, lo que aumenta considerablemente la probabilidad de no cumplir con los tiempos de atención al usuario. Además, la discrepancia entre Cp y Cpk sugiere que el proceso no está centrado, con valores de 0,32 y 0,04 respectivamente, y también señala que el proceso no está bajo control estadístico, ya que los índices de rendimiento (Ppk) y capacidad (Cpk) difieren, con valores de 0,06 y 0,04 respectivamente.

Nivel sigma del proceso

Figura 18. Interpretación cualitativa del índice Cp



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Para llevar a cabo el cálculo del nivel sigma de la Capacidad del Proceso (CEC), se utilizó el software Minitab como herramienta de análisis. Es importante destacar que diversos expertos en el campo sugieren agregar 1.5 veces la desviación estándar (σ) al nivel Z. Siguiendo esta recomendación, el nivel sigma se ajusta a 1.54 σ, lo que equivale a indicar que el proceso

muestra un rendimiento del 46.15%. Esto, a su vez, implica que se pueden identificar 461,538 defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Este análisis nos brinda una comprensión más precisa de la capacidad del proceso, considerando la desviación estándar y su relación con los límites de especificación. La inclusión de la desviación estándar adicional proporciona una visión más realista de la variabilidad del proceso y su impacto en la calidad de los resultados. Estos hallazgos son esenciales para tomar decisiones sobre mejoras en el proceso que serán estudiadas más adelante.

CAPÍTULO II

Desarrollo de herramientas Lean Six Sigma en el proceso de atención de daños

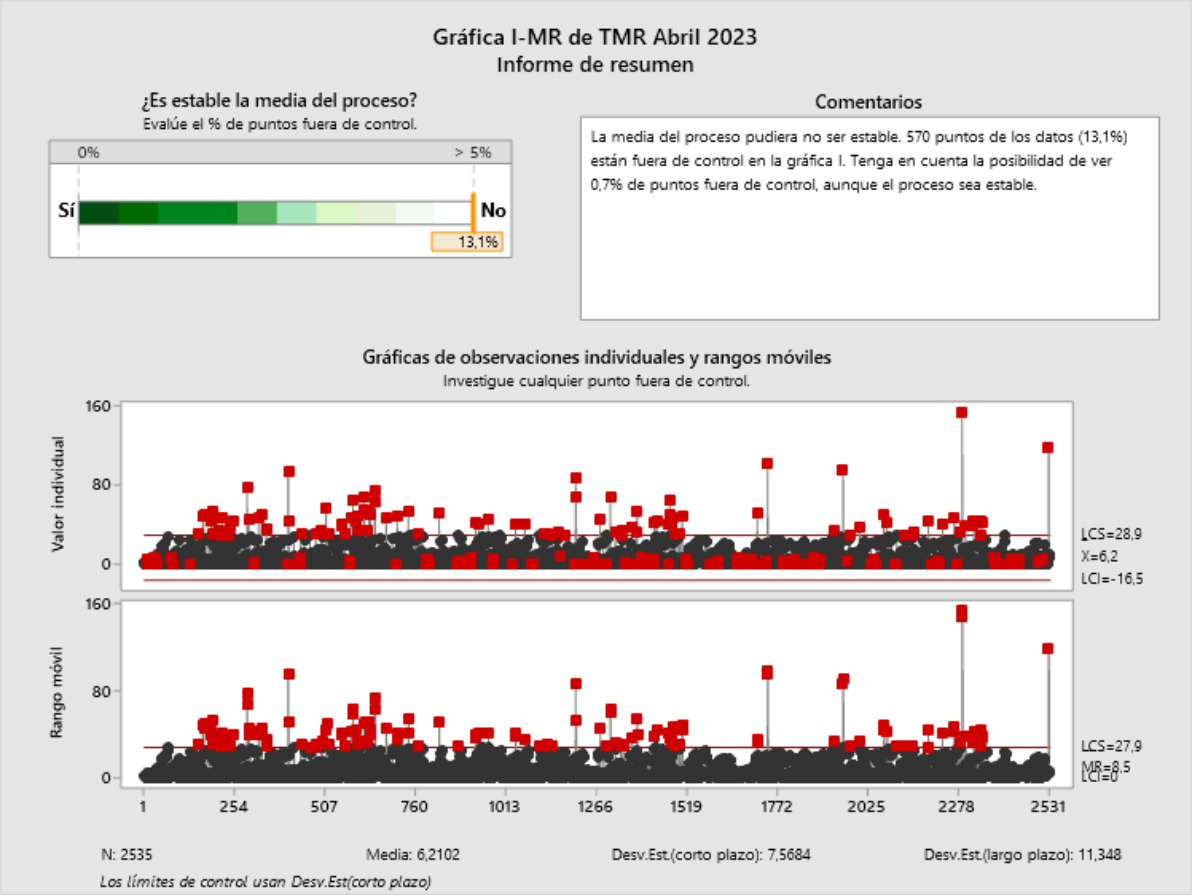
Con el propósito de alcanzar el segundo objetivo específico de este estudio, que se enfoca en el desarrollo de herramientas basadas en la metodología Lean Six Sigma para ser aplicadas en el proceso de atención de daños de La Compañía Eléctrica del Cauca en Popayán, se procederá a detallar el enfoque y las etapas clave que conformarán esta fase del proyecto. La implementación de herramientas Lean Six Sigma tiene como finalidad primordial optimizar la eficiencia, calidad y efectividad del proceso de atención de daños, buscando reducir al mínimo los desperdicios, errores y tiempos innecesarios. En las próximas secciones, se explorarán las distintas herramientas que se seleccionarán y adaptarán para abordar áreas específicas del proceso, con el objetivo de lograr mejoras sustanciales y sostenibles en la operación de la compañía.

Fase analizar

Cartas de control I-MR TMR de abril, mayo y junio de 2023

En primera instancia, para practicidad del estudio, se procedió con la realización de una gráfica de control I-MR de los últimos 3 TMR, es decir, de los meses de abril, mayo y junio del 2023, donde se obtuvieron los siguientes gráficos y resultados:

Figura 19. Gráfica de control I-MR del TMR de abril 2023



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Tabla 7. Rangos de atención TMR abril 2023

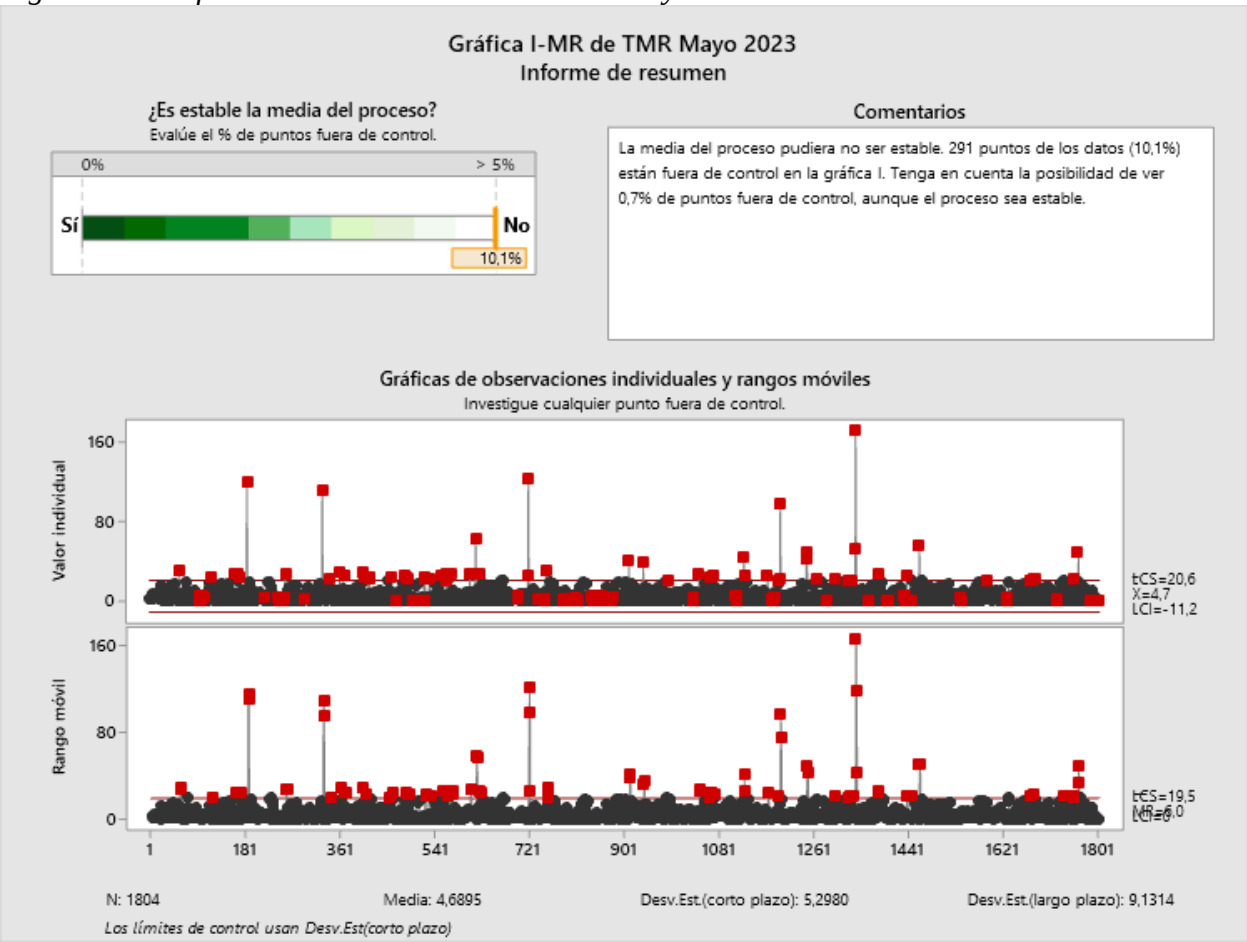
Rangos de atención	Zona Popayán
1. Rango <=3 horas	1725
2. Rango >3 - <=8 horas	240
3. Rango >8 - <=12 horas	129
4. Rango >12 - <=24 horas	271
5. Mayor a 24 horas	170
Total general	2535

Casos que no están cumpliendo con la meta			
Municipio	Rural	Urbano	Casos
Popayán	402	168	570

Fuente: CEO (2023).

Los resultados obtenidos señalan claramente que, de los 2535 incidentes eléctricos registrados en el mes de abril de 2023, un total de 570 se encuentran en incumplimiento con la promesa de valor establecida por la CEC. Para profundizar en la comprensión de este fenómeno, se llevó a cabo un análisis detallado de estos 570 casos, lo que reveló que 402 de ellos corresponden al sector rural. Por lo tanto, es evidente que la atención brindada a los fallos eléctricos en esta zona de Popayán está provocando el mayor impacto negativo en el TMR de la empresa.

Figura 20. Gráfica de control I-MR del TMR de mayo 2023



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Tabla 8. Rangos de atención TMR mayo 2023

Rangos de atención	Zona Popayán
1. Rango <=3 horas	1317
2. Rango >3 - <=8 horas	196
3. Rango >8 - <=12 horas	88

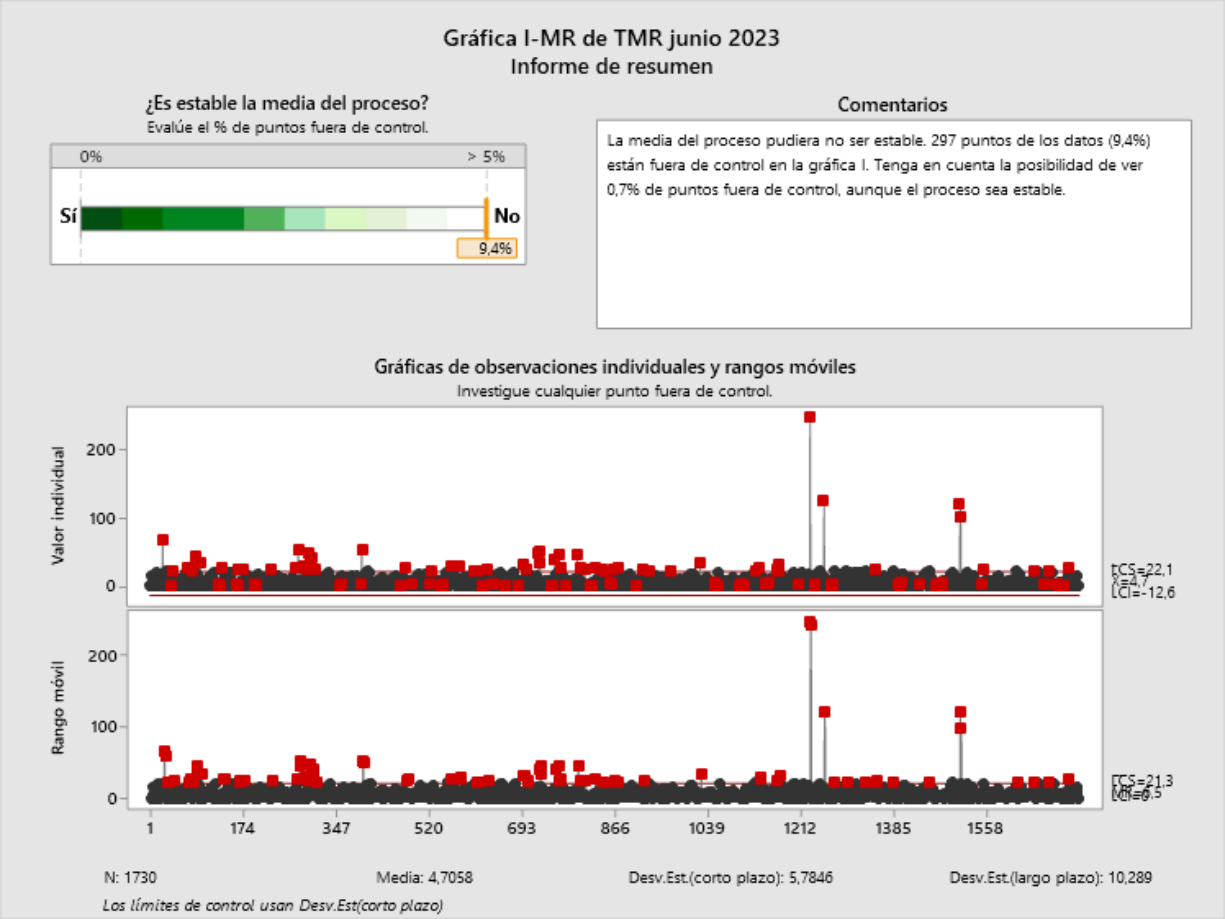
4. Rango >12 - <=24 horas	164
5. Mayor a 24 horas	39
Casos	1804

Casos que no están cumpliendo con la meta			
Municipio	Rural	Urbano	Casos
Popayán	172	19	191

Fuente: CEO (2023).

En el transcurso del mes de mayo de 2023, se destaca que, a pesar de la disminución en el número de fallos eléctricos que no se alinean con los objetivos corporativos en comparación con el mes anterior, se observa que el 90% de estos incidentes provienen del sector rural de la ciudad de Popayán. Este análisis lleva a la conclusión de que existe una amplia oportunidad de mejora en la administración de los problemas eléctricos experimentados por los usuarios en esta área geográfica.

Figura 21. Gráfica de control I-MR del TMR de junio 2023



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Tabla 9. Rangos de atención TMR junio 2023

Rangos	Zona Popayán
1. Rango <=3 horas	1282
2. Rango >3 - <=8 horas	151
3. Rango >8 - <=12 horas	95
4. Rango >12 - <=24 horas	156
5. Mayor a 24 horas	46
Total general	1730

Casos que no están cumpliendo la meta			
Municipio	Rural	Urbano	Casos
Popayán	206	91	297

Fuente: CEO (2023).

En el último análisis, correspondiente al mes de junio de este año, se calcula que de los 297 fallos eléctricos que no cumplen con los objetivos corporativos, un 69.3% provienen del sector rural de Popayán. Este hallazgo indica la necesidad de un análisis exhaustivo para entender, evaluar y descubrir las razones detrás de esta situación en el proceso de atención de daños. La identificación de la causa raíz es esencial para diseñar un plan de acción efectivo que aborde este problema de manera adecuada y permita contrarrestarlo de manera significativa. Con el fin de comprender a fondo las causas fundamentales detrás de estas demoras, se ha optado por la aplicación de un análisis de Pareto, dada su relevancia como herramienta para la toma de decisiones y la implementación de estrategias que optimicen la eficiencia y la calidad del servicio brindado por la CEC.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también conocido como curva de distribución ABC, consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una problemática y los ordena de mayor a menor frecuencia, con lo que permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia. (Leyva, 2021). En el ámbito operativo de la CEC, surge la necesidad de abordar de manera efectiva las demoras que se presentan en el proceso de reparación de daños eléctricos. Estas demoras no solo pueden afectar la confiabilidad del suministro eléctrico, sino también la satisfacción de los usuarios y la percepción general de los servicios brindados.

Para confeccionar el diagrama de Pareto, se llevó a cabo un análisis inicial de la información previamente estudiada y recopilada en todos los ítems anteriores. Esto permitió posteriormente identificar las causas de mayor relevancia que conllevan a retrasos, así como determinar su frecuencia en el proceso de atención de daños:

Deficiencia en el flujo de información (DFI): para calcular la frecuencia con la que se presenta este fenómeno y teniendo en cuenta que esta situación se presenta mayoritariamente en el sector rural de Popayán, se procedió a sumar los casos del sector rural que no están dentro del porcentaje de atención esperado del trimestre de abril a junio de 2023:

$$DFI = 271 + 164 + 156 = 591$$

Falta de personal en horarios pico (FPHP): Para determinar su frecuencia, se utilizó como punto de partida la productividad de las brigadas, tal como se exploró al final del Capítulo I, y se obtuvo un valor de 0.75. Además, se consideró la información proporcionada en el gráfico titulado "Promedio diario de daños rurales ingresados por día", que revela la existencia de tres momentos de alta actividad, concretamente a las 14:00, 16:00 y17:00 horas, durante los cuales se registra un ingreso significativamente mayor de casos, con valores de 7, 8 y 7 daños respectivamente. La metodología de cálculo empleada fue la siguiente:

$Total\ de\ daños\ que\ ingresan\ en\ hora\ pico: 7 + 8 + 7 = 22\ daños$

$Productividad\ de\ las\ brigadas = 75\%$

$Daños\ atendidos = 0.75 \times 22 = 17$

$Daños\ no\ atendidos = 22 - 17 = 5$

$N°\ de\ días = 18$ Nota: sin contar sábados, domingos y festivos

$FPHP = 5 \times 18 = 90\ daños\ no\ atendidos\ al\ mes\ en\ horas\ pico$

Esquema de turnos no alineado con la demanda (ETNAD): su impacto se calculó con base en la gráfica "Promedio diario de daños rurales ingresados por día", donde se evidencia que en el horario de 14:00 horas a 18:00 horas es donde mayor cantidad de daños rurales ingresan y de acuerdo con la productividad de las brigadas:

$Demanda\ mayor\ de\ daños =$ 7+ 8 + 7 + 7 = 29 daños

$Productividad\ de\ las\ brigadas = 75\%$

$Daños\ atendidos = 0.75 \times 29 = 24$

$Daños\ no\ atendidos = 29 - 24 = 5$

$N°\ de\ días = 20$ Nota: sin contar sábados, domingos y festivos

$ETNAD = 5 \times 20 = 100\ daños\ no\ atendidos\ al\ mes\ en\ horario\ de\ mayor\ demanda$

Falta de capacitación para el personal involucrado (FC): para hacer un cálculo aproximado del impacto que tiene en la organización la falta de capacitación de su personal, se

procedió a analizar los comentarios de los daños del sector rural que no cumplen con la meta, por ejemplo, se encontraron este tipo de comentarios “Desde el Centro de Operaciones no se da una coordenada clara ni de la ubicación ni del tipo de daño”, “No es posible encontrar al usuario, dado que CO no nos georreferencia correctamente”, de este modo, se pudo calcular que en promedio al mes se presentan 15 casos de este tipo

Retraso en la asignación de los daños a las brigadas (RADB): considerando la promesa de la CEC de abordar el 90% de los daños en menos de 8 horas y lograr un TMR de 3 horas en Popayán, es importante analizar la eficiencia en la asignación de casos durante el primer semestre. Los datos revelan que el TMR promedio de asignación de casos a las brigadas fue de 1.33 horas. Para cumplir con la ambiciosa meta, este tiempo debería ser reducido a 1 hora, lo que indica un exceso de 0.33 horas. Estos cálculos nos llevan a considerar:

$Promedio\ TMR\ asignación = 1.33\ horas$

$Incumplimiento = 0.33\ horas$

$TMR\ promedio = 5.13\ horas$

$N°\ de\ casos\ que\ ingresan\ al\ mes = 2019\ daños$

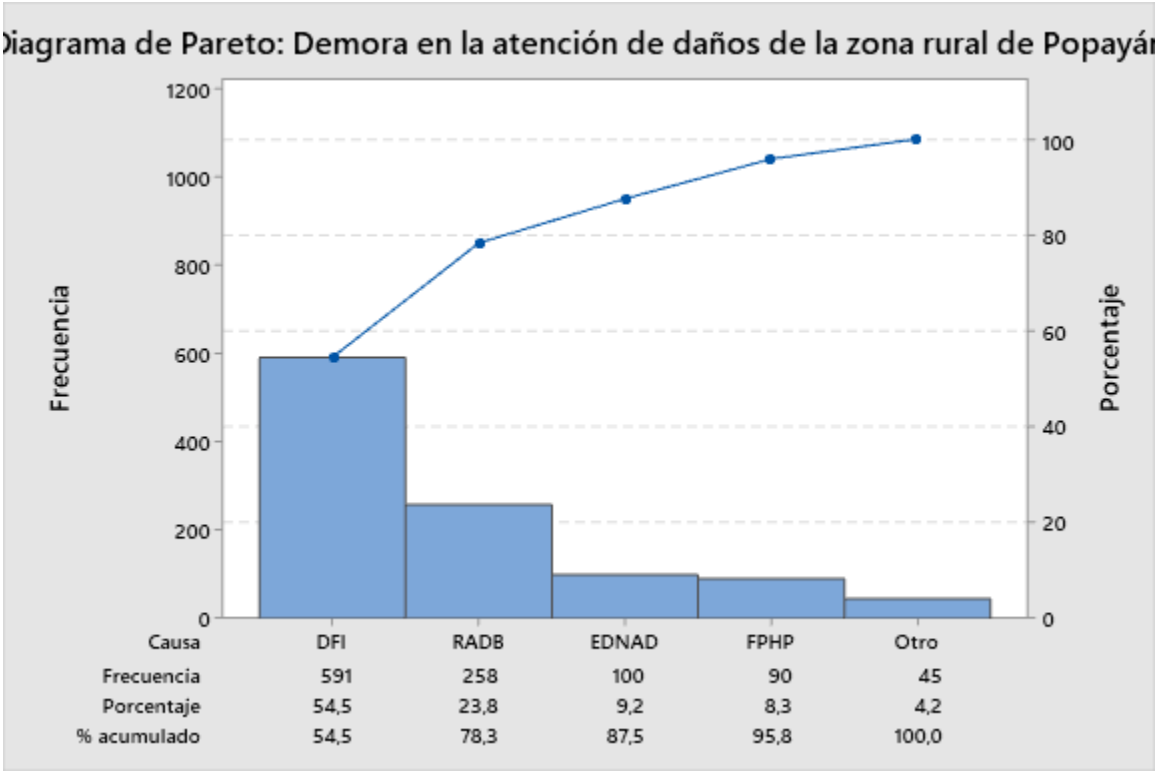
$$RADB = \frac{0.33 \times 2019}{5.13} \times 2 = 258\ daños\ eléctricos\ \text{sin}\ atender\ al\ mes$$

Inadecuado enrutamiento de las brigadas (geográficamente y por número de usuarios afectados (IEB): de forma similar que se hizo en la causa “Falta de capacitación para el personal involucrado” se hizo un análisis detallado de los casos del sector rural que no están cumpliendo con la meta corporativa, encontrando comentarios como: “dirección mal reportada, se llega al predio y se encuentra solo, se llama al usuario e informa que el daño es un lugar diferente”, se aprecia que existen errores de ubicación geográfica, asimismo, se concluye del análisis que algunas brigadas no dan prioridad a la atención de los daños por el número de usuarios afectados sino que se enrutan por el orden de llegada. De esta forma, se pudo calcular que en promedio este fenómeno se presenta en 20 daños al mes.

Otros: por último, existen causas de menor impacto en la atención de los daños como los largos tiempos de espera que una brigada debe aguardar hasta que el Centro Local de Despacho (CLD) autorice la intervención en la red eléctrica, la caída de las plataformas tecnológicas,

averías en los vehículos de las brigadas, carencia de material para solucionar un fallo eléctrico al instante, entre otras, que luego de analizar los comentarios de los casos que no están dentro del rango de cumplimiento se pudo calcular que 10 casos en promedio al mes dejan de atenderse oportunamente por este fenómeno.

Figura 21. Diagrama de Pareto: Demora en la atención de daños de la zona rural de Popayán



Fuente: Elaboración Propia (2023).

En vista de los resultados obtenidos y el análisis minucioso realizado en relación con las diversas causas que impactan en la eficiencia de la atención a los daños eléctricos, se ha optado por enfocar los esfuerzos en identificar y abordar las causas de mayor impacto: la Deficiencia en el Flujo de Información (DFI) y retraso en la asignación de los daños a las brigadas (RADB). Reconociendo que esta problemática se presenta predominantemente en el sector rural de Popayán, se ha calculado que, en promedio, durante el segundo trimestre del presente año, se registraron 260 casos que no cumplen con los indicadores establecidos.

Una vez identificada la Deficiencia en el Flujo de Información (DFI) como la causa principal que impacta en la demora de la atención a los daños eléctricos en la zona rural de

Popayán junto con la inoportuna asignación de los daños, el paso inmediato a seguir será abordar esta problemática mediante la herramienta de análisis de Los 5 Por Qué. Esta metodología permitirá sumergirse en un análisis profundo y detallado de los procesos interconectados que conforman la transmisión de información dentro de la organización, al descomponer cada etapa y punto de contacto, se podrán identificar los obstáculos y retrasos específicos que contribuyen a la DFI y al RADB. Al cuestionar el "por qué" en cada paso, se revelarán las causas subyacentes y, en última instancia, la causa raíz del problema.

Los cinco por qué

Con el propósito de descubrir la causa raíz de la Deficiencia en el flujo de información y de la inoportuna asignación de los casos a las brigadas, se recurre a la herramienta de los "5 Por Qué". Esta metodología tiene como objetivo revelar la raíz del problema. En esta línea, se ha creado una matriz estratégica que comienza con una pregunta central derivada del análisis anterior. Luego, esta cuestión es contestada mediante la identificación de posibles causas que subyacen al problema. Este proceso de indagación se replica de manera horizontal en sucesivas etapas hasta alcanzar finalmente la causa raíz.

Tabla 10. Tabla de los cinco por qué

PROBLEMA A ESTUDIAR	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	RESULTADO
Deficiencia en el flujo De información e inoportuna asignación de los daños	Porque los reportes de daños en la zona rural no están siendo transmitidos de manera efectiva.	Porque los técnicos en campo no cuentan con las herramientas tecnológicas necesarias para recibir informes en tiempo real, cuando no hay cobertura de señal e internet.	Porque no se garantiza a los técnicos los recursos o herramientas tecnológicas necesarias para cuando no hay cobertura de señal e internet.	Porque no se utilizan recursos alternativos, como radios, generadores de internet portátiles para transmitir la información en zonas sin cobertura, a veces la	Porque no se realiza un seguimiento y control adecuado del supervisor a cargo de la brigada.	La causa raíz de la DFI en la CEC es la falta de un sistema integral que garantice a las brigadas los recursos necesarios, tanto tecnológicos como de supervisión y control, para transmitir informes de manera

				compañía no les dota estos dispositivos, o los técnicos los tienen en mal estado o sin batería.		efectiva en zonas rurales.

Fuente: Elaboración Propia (2023).

El estudio de los cinco "porqués", como se detalla en la tabla 7, pone de manifiesto una serie de deficiencias en el flujo de información e inoportuna asignación de los daños a las brigadas dentro de la CEC. En primer lugar, resalta la falta de una transmisión efectiva de los reportes de daños en la zona rural, un aspecto crítico para asegurar una respuesta rápida y eficiente ante situaciones adversas. Estas deficiencias se originan en la carencia de herramientas tecnológicas adecuadas para los técnicos en campo en momentos de ausencia de cobertura de señal e internet, la falta de garantías que aseguren que los técnicos cuenten con estos recursos esenciales, la omisión en el empleo de recursos alternativos, como radios o generadores de internet portátiles, en áreas desprovistas de cobertura, y la deficiencia de supervisión y control sobre las brigadas. En última instancia, la raíz de esta Deficiencia en el Flujo de Información y la inoportuna asignación de los daños en la CEC radica en la ausencia de un sistema integral que garantice a las brigadas los recursos necesarios, tanto tecnológicos como de supervisión y control, para transmitir informes de manera efectiva en las zonas rurales.

En vista de estos resultados, el siguiente paso es proponer un plan de mejora integral para abordar la causa raíz de esta deficiencia en el flujo de información y la inoportuna asignación de los daños a las brigadas. Este plan debe considerar la implementación de tecnologías de comunicación robustas y herramientas adecuadas para los técnicos en campo, incluso en áreas sin cobertura. Esto podría incluir el uso de radios y generadores de batería e internet portátiles. Así mismo, se debe establecer un sistema de supervisión y control más efectivo para garantizar que las brigadas estén cumpliendo con sus responsabilidades y transmitiendo la información de manera oportuna. La capacitación del personal en el uso de estas herramientas y la promoción de una cultura de comunicación efectiva también son elementos esenciales del plan.

Plan de acción

Plan de Acción: Mejora del flujo de información en la Compañía Eléctrica del Cauca.

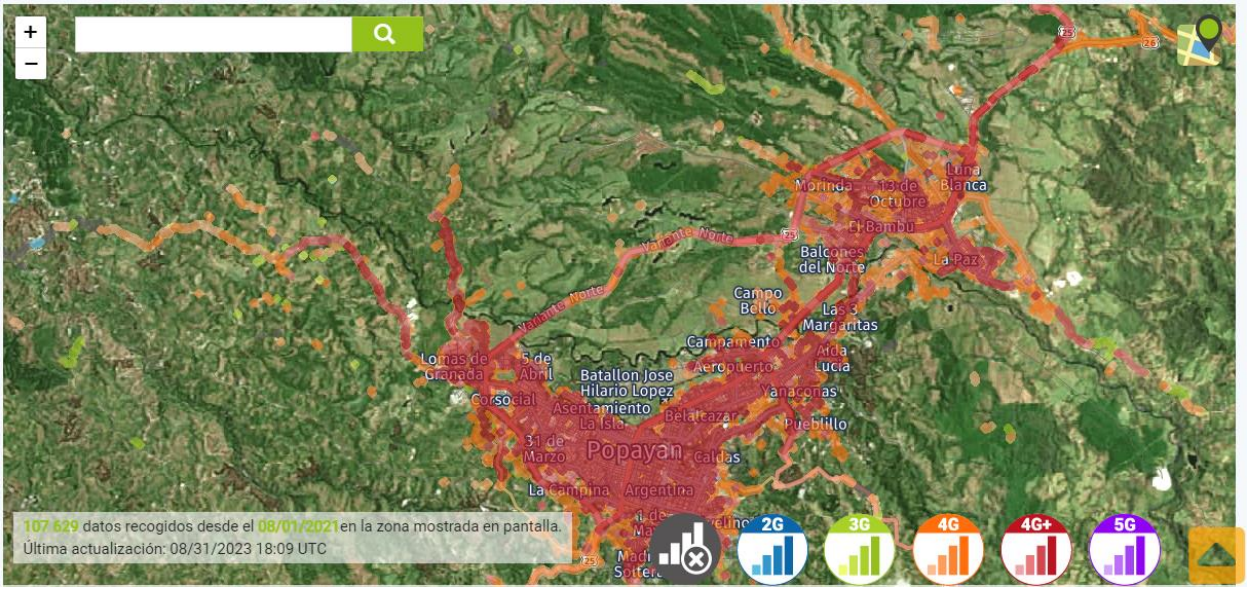
Objetivo: Establecer un sistema integral que facilite la transmisión efectiva de informes por parte de las brigadas en zonas rurales de Popayán, mejorando así el flujo de información en la Compañía Eléctrica del Cauca.

Paso 1: Evaluación y Análisis

1.1 Análisis de las zonas rurales de Popayán donde las brigadas de atención de daños se enfrentan problemas de flujo de información:

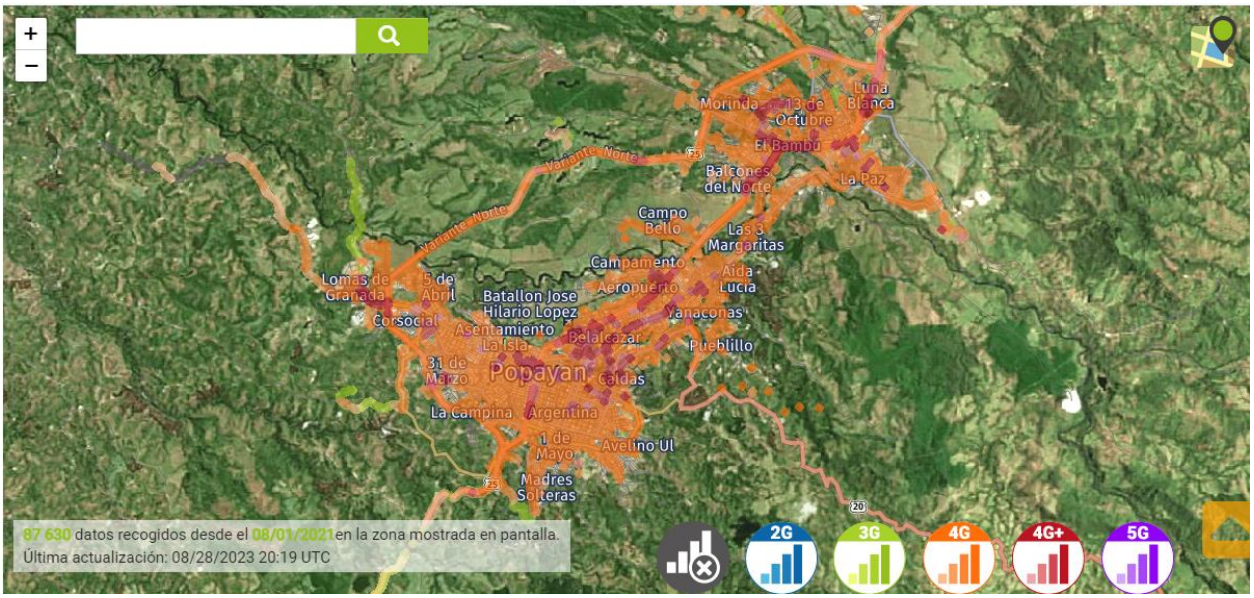
Teniendo en cuenta que estadísticamente las compañías de telecomunicaciones que proporcionan mayor cobertura de señal de voz y datos en Colombia son Claro y Movistar, se procedió a consultar la cobertura que estás empresas proporcionan en la ciudad de Popayán, y según Colombia (2023) el mapa de señal es el siguiente:

Figura 22. Cobertura de señal de voz y datos del operador Claro en Popayán



Fuente: Colombia (2023).

Figura 23. Cobertura de señal de voz y datos del operador Movistar en Popayán



Fuente: Colombia (2023)

En las anteriores dos imágenes se puede apreciar que los dos operadores, Claro y Movistar, manejan prácticamente la misma cobertura de señal de voz y de datos en la ciudad de Popayán, puesto que las áreas sombreadas, roja para Claro y naranja para Movistar, son muy semejantes en el perímetro urbano, pero los dos operadores dejan sin mayor cubrimiento al sector rural de la ciudad blanca, con ello se puede evidenciar que las veredas y corregimientos que quedan cerca de la ciudad, como vereda de Torres, Puelenje, Julumito, El Túnel, Pueblillo, Genagra, etc son algunos de los pocos lugares rurales donde no se ve impactado el flujo de información con las brigadas, pero en la mayoría del sector rural se presenta un déficit de cobertura, por ejemplo, en veredas como El Charco, Chiribío, San Rafael, Las Mercedes, Quintana, Villanueva, entre otros

Teniendo como base el mapa anterior, se puede identificar las áreas de Popayán donde hace necesario la implementación del plan de acción en pro de mejorar el flujo de información con las brigadas del proceso de atención de daños de la CEC.

1.2 Identificación de los recursos tecnológicos y de supervisión actualmente disponibles para las brigadas en estas zonas:

Actualmente, las brigadas que atienden daños en Popayán cuentan con los siguientes dispositivos para la comunicación y la transmisión de información: un celular corporativo, una Asistente Digital Personal (PDA) y un radio teléfono; pero no todas las brigadas cuentan con estos recursos y/o el estado físico o software no está en óptimas condiciones, a continuación, se presenta un breve censo de las novedades que presentan estos dispositivos:

Tabla 11. Censo del estado de los dispositivos de comunicación de las brigadas

Brigada	PDA	Radio teléfono	Celular
A	OK	OK	No tiene
B	OK	Batería en mal estado, no dura toda la jornada	No tiene
C	OK	OK	OK
D	Memoria llena, afecta rendimiento del dispositivo	OK	OK
E	Batería en mal estado, se descarga rápidamente	OK	No tiene
F	OK	OK	OK
G	OK	Daño leve en la antena, no transmite la señal adecuadamente	No tiene

Fuente: Elaboración Propia (2023).

De acuerdo con la tabla anterior, se puede evidenciar que los dispositivos tecnológicos que actualmente tienen las brigadas no son los más adecuados, ya sea porque no cuentan con ellos o que el dispositivo presenta algún tipo de avería.

1.3 Identificación de las barreras técnicas y organizativas que están obstaculizando la transmisión efectiva de informes.

De acuerdo con lo indagado con el supervisor de las brigadas de atención de daños de Popayán y con los mismos brigadistas líderes, se ha constatado que actualmente no existe un mecanismo de control sistemático que se aplique al inicio de cada jornada laboral. La ausencia de este mecanismo ha suscitado preocupaciones en relación con la garantía de que las brigadas cuenten con todos los materiales, herramientas e insumos necesarios para llevar a cabo sus labores de manera eficiente. Este vacío en el proceso de control ha sido señalado como un factor que puede impactar negativamente en la calidad y efectividad de las intervenciones realizadas por las brigadas en el campo. Resulta evidente que establecer un protocolo de verificación al

comienzo de la jornada laboral se torna fundamental para asegurar que las brigadas estén debidamente equipadas y preparadas para enfrentar los desafíos operativos de cada día.

Paso 2: Diseño del Sistema Integral

En esta fase crucial, se llevó a cabo una estrecha colaboración con equipos técnicos internos para diseñar un sistema integral adaptado a las necesidades específicas de las brigadas operando en zonas rurales de Popayán:

2.1 Identificación de necesidades específicas: Los brigadistas líderes compartieron su experiencia en el campo, describiendo los obstáculos y deficiencias encontrados en las zonas rurales. Esta retroalimentación ayudó a definir las características críticas del sistema, como la resistencia a condiciones adversas, la facilidad de uso y la capacidad de transmisión de datos en áreas con baja cobertura que se detallarán en el numeral 2.2

2.2. Reunión planificación: se convocó a una reunión multidisciplinaria que incluyó a representantes de las brigadas, personal técnico y expertos en tecnología. Durante esta reunión, se discutieron las metas y requerimientos clave del sistema, identificando los desafíos actuales y la manera cómo se iban a abordar, a continuación, se presentan las principales conclusiones de la mencionada reunión:

- Subsanar cada inconveniente que presenta la brigada en sus equipos de comunicación detallados en la tabla del numeral 1.2
- Proveer a las brigadas de dispositivos que faciliten su comunicación.
- Diseñar e implementar un formato de chequeo que garantice que todas las brigadas que ingresan a turno cuentan con todas las herramientas, materiales e insumos necesarios para tener una operación eficiencia durante la jornada laboral, cuyo control lo ejecutará el supervisor encargado.
- Concientizar a todo el personal de la importancia del adecuado uso de todos los elementos de comunicación, pues esto se traduce en eficiencia operativa.

Esta colaboración entre equipos técnicos, brigadistas y los autores del presente proyecto, fue esencial para diseñar un sistema integral que verdaderamente aborde las necesidades específicas de las brigadas en zonas rurales, mejorando la transmisión efectiva de informes y optimizando su desempeño laboral.

Paso 3: Adquisición de recursos

3.1 Selección y adquisición de dispositivos de comunicación: basándose en las necesidades identificadas, se procedió a seleccionar y a adquirir los dispositivos de comunicación adecuados para las brigadas, considerando la resistencia a condiciones adversas y la conectividad en áreas con poca cobertura. Cabe mencionar que, por tratarse de una prueba piloto, se consiguió prestado una unidad de cada dispositivo:

- Un celular Samsung Galaxy A22S, Tamaño: 6.6 pulgadas, Resolución: 720 x 1600 píxeles, Procesador: MediaTek Helio G80, Memoria RAM: 4 GB, Almacenamiento interno: 64 GB, Sistema operativo: Android 11, Capacidad de la batería: 5000 mAh. Redes móviles: 4G LTE, Dimensiones: 167.2 x 76.4 x 9.7 mm, Peso: Aproximadamente 203 gramos.
- Una batería portátil de 20000 mAh, voltaje de salida: 5 v, corriente de salida: 2.1 A, un puerto USB de salida y entrada, tecnología de carga rápida Power Delivery, indicadores LED, peso de 400 gramos, marca XIOAMI.
- Un generador de internet portátil WiFi 4G LTE D-Link DWR-932C, Compatible con redes 4G LTE y 3G, Ofrece velocidades de datos de hasta 150 Mbps en descarga y 50 Mbps en carga, Puerto Ethernet, Ranura para tarjeta SIM, Ranura para tarjeta microSD, Batería Recargable.

Paso 4: Socialización

El 15 de agosto, nos reunimos en la sede de UTEN en Lomas de Granada, ubicada en la dirección Calle 5 No. 56-01. Previamente, habíamos gestionado un permiso con la empresa para llevar a cabo esta importante socialización, y con satisfacción, obtuvimos la aprobación. La reunión se llevó a cabo con las brigadas B, D, E y G, seleccionadas debido a las preocupaciones relacionadas con el estado de sus dispositivos y el uso del celular corporativo. Durante la socialización, se enfatizó que este evento marcaba el inicio de un plan piloto con propósitos académicos. Sin embargo, se aclaró que el verdadero objetivo del estudio reside en la optimización de los tiempos para mejorar la eficiencia en el proceso de atención de daños en la zona rural de Popayán. Para contextualizar, a continuación, presentamos el orden del día y los temas abordados durante la socialización.

Orden del día - Socialización para las brigadas de la CEC

Saludo y bienvenida (2 minutos)

- Dar la bienvenida a todos los miembros de las brigadas presentes.
- Introducir a los facilitadores de la capacitación.
- Agradecer a la empresa por su apoyo en la realización de esta socialización.

Presentación del propósito de la socialización (2 minutos)

- Explicar el motivo de la reunión: mejorar la eficiencia en la atención de daños de la CEC, especialmente en la zona rural de Popayán
- Destacar la importancia del flujo de información en este proceso.

Uso de los nuevos dispositivos (9 minutos)

- Detallar el uso adecuado de los dispositivos clave: PDA, celular, radio, generador de internet portátil y batería portátil.
- Realizar demostraciones prácticas para garantizar la comprensión.
- Resaltar la importancia de cargar todos los dispositivos antes de ingresar al turno y mantenerlos en estado óptimo.

Importancia del flujo de información (3 minutos)

- Educar al personal sobre cómo el flujo de información contribuye a la eficiencia operativa y la toma de decisiones informadas.
- Destacar ejemplos de situaciones en las que una comunicación eficiente ha marcado la diferencia en la atención de daños.

Ejercicio práctico sobre el flujo de información (5 minutos)

- Realizar un ejercicio práctico donde los participantes practican la comunicación efectiva y la transmisión de información relevante. (Dinámica el teléfono roto)
- Evaluar y corregir cualquier malentendido o error en la comunicación.

Conclusiones y compromisos (2 minutos)

- Resumir los puntos clave de la socialización.

Preguntas y respuestas (5 minutos)

- Abrir el paso para preguntas y respuestas.
- Aclarar cualquier inquietud o duda que puedan tener los participantes.

Cierre y agradecimientos (2 minutos)

- Agradecer a todos los asistentes por su participación y compromiso.
- Reiterar la importancia del trabajo en equipo y la mejora continua en la atención de daños de la CEC.
- Dar por concluida la socialización.

En conclusión, la reunión con las brigadas B, D, E y G fue sumamente significativa para nuestro equipo. Durante este encuentro, no solo se abordaron temas cruciales relacionados con el uso de dispositivos y el celular corporativo, sino que también se puso de manifiesto la importancia del flujo de la información en nuestras operaciones en la zona rural de Popayán. A través de dinámicas como el "teléfono roto", se destacaron las consecuencias de una comunicación deficiente y se brindó capacitación esencial sobre el uso de dispositivos y el lenguaje técnico. Además, evaluamos el desempeño de los integrantes y aclaramos todas las dudas existentes. La respuesta positiva de los participantes, expresada en comentarios y agradecimientos, nos motiva a seguir trabajando en pro de la mejora del rendimiento y la eficiencia. El siguiente paso consistirá en la implementación del plan integral de mejora en el campo, en las zonas rurales de Popayán, con la convicción de que este esfuerzo conjunto dará frutos significativos en nuestra labor.

Fase mejorar

La eficiencia y la seguridad son dos pilares fundamentales en el proceso de atención de daños eléctricos, por consiguiente, se ha decidido llevar a cabo una prueba piloto que tiene como objetivo proporcionar a las brigadas de atención de daños eléctricos un conjunto de mejoras significativas en su capacidad de comunicación y operación en el terreno. Estas mejoras incluyen la provisión de dispositivos que facilitarán la comunicación en tiempo real, tales como teléfonos

celulares, generadores portátiles de internet y baterías portátiles. Esta iniciativa busca no solo optimizar la eficacia de las brigadas, sino también elevar los estándares de seguridad, permitiendo una respuesta más ágil y coordinada ante situaciones de emergencia.

Paso 5: Implementación y Prueba Piloto

Primero, se obtuvo la autorización del área de gestión humana de la CEC y el consentimiento de las brigadas involucradas en la prueba. Esta autorización permitió llevar a cabo la prueba piloto, que tuvo lugar desde el 15 al 30 de agosto del presente año. Durante cada etapa de acompañamiento, se procedió a ejecutar las siguientes fases:

Fase 1: Selección de la zona piloto

En primer lugar, se identificó una zona piloto representativa de las características y desafíos que enfrenta el proceso de atención daños. Esta zona incluyó una variedad de tipos de usuarios, condiciones geográficas y situaciones operativas.

Fase 2: Implementación del sistema integral

Pruebas Iniciales: Se realizaron pruebas iniciales para verificar que el sistema integral estuviera funcionando correctamente.

Fase 3: Prueba Piloto

Operaciones cotidianas: Las brigadas de atención de daños eléctricos en la zona piloto comenzaron a utilizar el sistema integral en sus operaciones cotidianas. Esto incluyó la identificación de fallos, la restauración del servicio y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Retroalimentación continua: Se estableció un canal de retroalimentación constante con las brigadas y se les animó a informar sobre cualquier problema, dificultad o sugerencia relacionada con el sistema integral.

Fase 4: Evaluación y mejoras

Análisis de datos: Se analizaron los datos recopilados durante la prueba piloto para identificar cualquier problema o área de mejora. Se evaluó si el sistema integral había mejorado la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

Ajustes y mejoras: Se realizaron ajustes y mejoras en el sistema integral según fue necesario. Esto incluyó actualizaciones de software, cambios en la configuración de las PDA o la incorporación de nuevas funcionalidades.

Teniendo claridad de la metodología a desarrollar, se diseñó e implementó el siguiente formato en cada uno de los acompañamientos que se hicieron:

Implementación de Prueba Piloto en el Proceso de Atención de Daños Eléctricos

Fecha:

Supervisor de la prueba piloto:

Brigada:

Ubicación:

Hora:

1. Dispositivos de comunicación:

1.1 ¿Dispone de teléfono celular? SI ☐ NO ☐

1.2 ¿Dispone de un generador portátil de internet? SI ☐ NO ☐

1.3 ¿Dispone de batería portátil? SI ☐ NO ☐

2.Conocimientos previos:

2.1 ¿Conoce de los procedimientos de comunicación? SI ☐ NO ☐

2.2 ¿Comprende y tiene habilidad para usar los medios de comunicación? SI ☐ NO ☐

3. Cobertura en la zona:

3.1 ¿En la zona de trabajo hay cobertura de voz? SI ☐ NO ☐

3.2 ¿En la zona de trabajo hay cobertura de datos? S ☐ N ☐

4. Infraestructura y logística:

Si la respuesta anterior fue negativa, responda:

4.1 ¿Con el generador portátil de internet fue posible comunicarse con el Centro de Operaciones?

SI ☐ NO ☐

4.2 ¿Al tener disponible la red WiFi, la información se transmite y recepciona de manera oportuna?

SI ☐ NO ☐

4.3 ¿Cuánto tiempo duró la batería de su radio teléfono?

☐ 1-3 horas ☐ 4- 6 horas ☐ Más de 6 horas

4.4 ¿Fue útil el generador de batería portátil?

SI ☐ NO ☐

5. Documentación y Reporte:

5.1 Tiempo aproximado desde que un daño eléctrico se asigna en sistema hasta que es recepcionado por la brigada en su PDA:

6. Seguimiento y Evaluación

6.1 Evaluación de la eficiencia de las comunicaciones en áreas con baja cobertura con los dispositivos proporcionados:

Satisfactoria ☐ Insatisfactoria ☐

6.2 Retroalimentación con las brigadas para recopilar comentarios y observaciones:

_____
_____
_____
_____

Firma del supervisor de la prueba piloto: _____

Paso 6: Resultados de la prueba piloto

Para la ejecución exitosa del plan piloto destinado a implementar las mejoras propuestas, se establecen horarios y turnos específicos para supervisar y acompañar a las brigadas responsables. Dentro de los turnos y horarios predeterminados, se registraron meticulosamente los siguientes datos: la hora de reporte del daño, la hora de salida de la brigada, el tiempo de desplazamiento, el tiempo de servicio y la duración completa desde la asignación hasta la resolución del daño, número de caso (daño) y lugar. Estos registros fueron esenciales para calcular y analizar indicadores clave como el TMR_Asig (Tiempo Medio de Respuesta desde la Asignación), el TMR_Alist (Tiempo Medio de Respuesta desde el Alistamiento), el TMR_Desp (Tiempo Medio de Respuesta desde el Desplazamiento), el TMR_Ser (Tiempo Medio de

Respuesta del Servicio) y el TMR_Dur (Tiempo Medio de Resolución de Daño).Durante los días autorizados por la CEC, se efectuaron dos acompañamientos y dos pruebas diarias a distintas brigadas en turnos alternados, garantizando así el cumplimiento responsable de las 32 pruebas autorizadas dentro del período de 16 días. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 12. Datos recolectados durante la prueba piloto

Agosto 2023												
Día	Prueba	HD	TA	TAL	HS	TDE	TS	HR	TD	N° Caso	Lugar	Brigada
15	1	8:20	0:10	0:15	8:45	0:20	0:45	9:50	1:30	400520	Vda Las Chozas	C
	2	14:15	0:20	0:10	14:45	0:45	1:00	16:30	2:15	401361	Vereda santa bárbara	F
16	1	6:20	0:12	0:25	6:57	0:45	2:30	10:12	3:52	401405	Rio blanco	C
	2	14:03	0:59	0:15	15:17	2:59	3:56	22:12	8:09	401406	Vda Villanueva	F
17	1	6:30	0:50	0:15	7:35	0:30	0:15	8:20	1:50	401600	Vda Clarete	C
	2	15:30	0:05	0:10	15:45	1:00	0:45	17:30	2:00	401699	Vda Palacé	F
18	1	7:15	0:05	0:36	7:56	1:01	0:32	9:29	2:14	401715	Vda La Yunga	C
	2	14:10	0:15	0:16	14:41	0:56	0:16	15:53	1:43	401720	Vereda Puelenje	F
19	1	6:25	0:25	0:12	7:02	1:14	0:15	8:31	2:06	401785	Vda la Marta	B
	2	14:56	0:16	0:33	15:45	0:51	2:05	18:41	3:45	402001	Vereda de Torres	F
20	1	6:45	0:36	0:09	7:30	0:25	0:15	8:10	1:25	402036	Vda Santa Bárbara	B
	2	15:30	0:58	0:45	17:13	1:30	0:41	19:24	3:54	402048	Vda Santa Bárbara	F
21	1	6:59	1:06	1:59	10:04	2:25	3:03	15:32	8:33	402099	Vda Poblazón	B
	2	14:15	0:04	1:03	15:22	1:26	0:15	17:03	2:48	402301	Vda Poblazón	F
22	1	7:30	0:05	0:16	7:51	1:41	0:24	9:56	2:26	402569	Vda La Esperanza	E
	2	17:00	0:52	1:20	19:12	1:15	0:56	21:23	4:23	402570	Vda Santa Helena	D
23	1	10:15	0:26	0:41	11:22	2:25	0:15	14:02	3:47	402966	Vda Patico	E
	2	19:00	0:36	0:19	19:55	0:10	1:05	21:10	2:10	403001	Vereda La Cabrera	D
24	1	11:20	0:14	0:41	12:15	0:26	0:15	12:56	1:36	403005	Vda Poblazón	E
	2	18:30	0:15	0:09	18:54	0:11	2:03	21:08	2:38	403100	Vda Santa Bárbara	G
25	1	8:15	0:26	0:08	8:49	0:45	0:55	10:29	2:14	403105	Vda Santa Rosa	E
	2	17:15	1:15	0:14	18:44	0:59	0:19	20:02	2:47	403520	Vda San Rafael	G
26	1	6:42	0:36	0:16	7:34	0:19	0:15	8:08	1:26	403526	Vda La Calera	A
	2	19:00	1:08	0:29	20:37	0:56	0:24	21:57	2:57	403556	Vda El Danubio	G
27	1	7:45	0:45	0:32	9:02	0:59	0:05	10:06	2:21	403560	Vda Las Mercedes	A
	2	19:05	0:09	0:25	19:39	0:08	0:50	20:37	1:32	403580	Puelenje	G
28	1	8:42	0:13	0:07	9:02	1:36	0:15	10:53	2:11	403601	Vda Los Cerrillos	A
	2	15:00	0:01	0:36	15:37	0:47	0:33	16:57	1:57	403660	Vda San Bernardino	D

29	1	9:25	0:25	0:15	10:05	0:48	1:59	12:52	3:27	403661	Vda La Rejoya	A
	2	16:30	0:15	0:45	17:30	0:39	0:56	19:05	2:35	403669	Vda La Rejoya	D
30	1	11:01	0:07	0:19	11:27	0:56	0:58	13:21	2:20	403670	Vda Villa Nueva	G
	2	18:02	0:56	1:06	20:04	0:26	1:03	21:33	3:31	403682	Vda La Laguna	F

Fuente: Elaboración Propia (2023).

HD: Hora de registro del daño eléctrico en sistema

TA: tiempo de asignación a la brigada

TAL: tiempo de alistamiento de la brigada

HS: hora en que la brigada salió a atender el daño

TDE: Tiempo de desplazamiento hasta el lugar o zona del daño

TS: Tiempo que duró la reparación del daño

HR: Hora en que el servicio fue restaurado

TD: Duración total del daño (desde que se registró en sistema hasta que se restauró el servicio)

A partir de los resultados obtenidos, en el próximo capítulo se llevará a cabo un análisis comparativo entre los datos recolectados durante la prueba piloto y los resultados previamente recopilados y procesados en el capítulo de diagnóstico. Este análisis permitirá identificar de manera precisa las diferencias y similitudes entre ambas etapas del proceso, lo que a su vez facilitará la comprensión de la evolución y el impacto de las medidas implementadas durante la prueba piloto en relación con la situación inicial. En el desarrollo posterior, se explorarán con mayor profundidad los hallazgos significativos y las implicaciones que surgen de este análisis comparativo.

Presupuesto para propuesta

En la actualidad, las brigadas encargadas de atender los daños en Popayán dependen de una serie de dispositivos para garantizar una comunicación efectiva y la transmisión de información crucial en sus operaciones. Estos recursos incluyen un celular corporativo, un Asistente Digital Personal (PDA) y un radio teléfono. Sin embargo, es importante destacar que no todas las brigadas tienen acceso a estos dispositivos, y aquellos que los tienen a menudo enfrentan desafíos relacionados con su estado físico o problemas de software que afectan su

rendimiento. Ante esta situación, se hace evidente la necesidad urgente de llevar a cabo un mantenimiento adecuado de los dispositivos existentes que no se encuentran en óptimas condiciones. Además, Se recomienda encarecidamente que la compañía realice una inversión estratégica para proporcionar a todas las brigadas los dispositivos electrónicos necesarios. A continuación, se presenta un presupuesto detallado de los dispositivos esenciales, con el objetivo de asegurar que las brigadas cuenten con los recursos necesarios para mejorar su eficiencia y mantener una mejora continua en el desempeño de la compañía.

Tabla 13. Presupuesto dotación de dispositivos

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Power Bank Batería Portátil 10.000mah Reales Cargador Gar140	• Cuenta con tipo de conector USB. • El voltaje de salida es de 5V. • Incluye cable. • El largo del cable es de 20cm. • Tiene 2 puertos de carga. • Cuenta con protección contra sobrecarga. • Recarga la batería de tus dispositivos de manera rápida y eficaz.	38.430 $	7	269,010 $
Router Wifi 4g Lte Portátil Recargable Mifi D-link Dwr-932c	**Soporte de frecuencia[1]** • GSM/GPRS/EDGE: 900/1800 MHz • UMTS/HSDPA/HSUPA: 2100/900 MHz • FDD-LTE: Banda 1/3/7/8/20 • TDD-LTE: Banda 38/40 **Rendimiento de datos[2]** • Descarga de hasta 150 Mbps • Subida de hasta 50 Mbps **Cifrado inalámbrico** • WPA/WPA2 PSK Auto (TKIP/AES)	249.900 $	7	1.749.300 $

	• Conexión mediante botón WPS **Funciones avanzadas** • Firewall incorporado • NAT incorporado • UPnP			
Samsung Galaxy A04E 32GB 4G	• Tamaño (Pantalla Principal) 165.5mm (6.5" pantalla completa) / 161.4mm (6.4"esquinas redondeadas) • Resolución (Pantalla principal) 720 x 1600 (HD+) • Tecnología (Pantalla principal) PLS LCD. • Intensidad de color (Pantalla principal) 16M.	399.900 $	4	1.599.600 $
TOTAL				**3'617.910 $**

Fuente: Elaboración Propia (2023).

CAPÍTULO III

Evaluación del estado final del proceso de atención de daños

Para llevar a cabo una evaluación exhaustiva del estado final del proceso de atención de daños, es fundamental sumergirse en un análisis detallado que permita evaluar con precisión el desempeño y los resultados obtenidos. A través de este proceso de evaluación, se buscó identificar las fortalezas y debilidades del sistema, así como determinar si se han alcanzado los objetivos establecidos previamente. En este sentido, se examinó minuciosamente cada etapa del proceso, desde la detección inicial de los daños hasta la atención y resolución de los mismos, con el objetivo de obtener una visión integral que oriente las decisiones futuras y promueva la mejora continua en la prestación de servicios. En el siguiente desarrollo, se explorarán en detalle los criterios y métricas utilizados para evaluar este importante aspecto del funcionamiento de la organización.

Diagrama de barras

Con base en los resultados obtenidos en la tabla 14, se procedió con la realización de una gráfica que compara el TMR del mes de agosto de 2022 con el TMR de la prueba piloto:

Figura 24. Gráfica comparativa del TMR de agosto 2022 Vs TMR prueba piloto

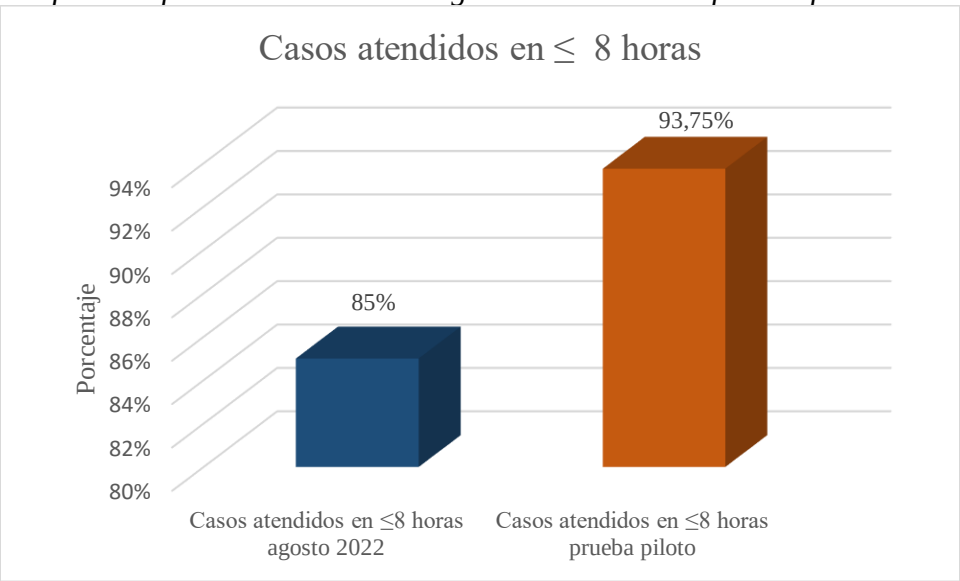
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se puede observar en el gráfico anterior, los resultados de la prueba piloto revelan un TMR de 2.53 horas, lo que demuestra una mejora sustancial con respecto al TMR registrado en agosto de 2022, que fue de 3.53 horas. Esta diferencia representa una reducción significativa de 1 hora en el tiempo de respuesta, lo cual es un logro notable. Esta importante mejora se logró gracias a la correcta utilización de diversos dispositivos que facilitaron una comunicación fluida entre el Centro de Operaciones y las brigadas de atención de daños en el sector rural. Esta mejora se tradujo en una reducción de los tiempos necesarios para asignar recursos y desplazarse al lugar de los incidentes, lo que a su vez contribuyó al cumplimiento de la meta corporativa de la empresa, que establece un TMR igual o menor a 3 horas.

Además, esta eficiente comunicación en tiempo real no solo ayudó a cumplir con la meta corporativa, sino que también mejoró la prontitud en la atención de los fallos eléctricos. Esto significa que los usuarios experimentaron una respuesta más rápida y eficaz por parte de la empresa ante cualquier interrupción en el servicio eléctrico, lo que se traduce en un mejor

servicio al usuario y una mayor satisfacción. Por otro lado, se procedió a generar una gráfica similar para comparar el porcentaje de ejecución en la atención de los daños:

Figura 25. Gráfica comparativa del TMR de agosto 2022 Vs TMR prueba piloto



Fuente: Elaboración Propia (2023).

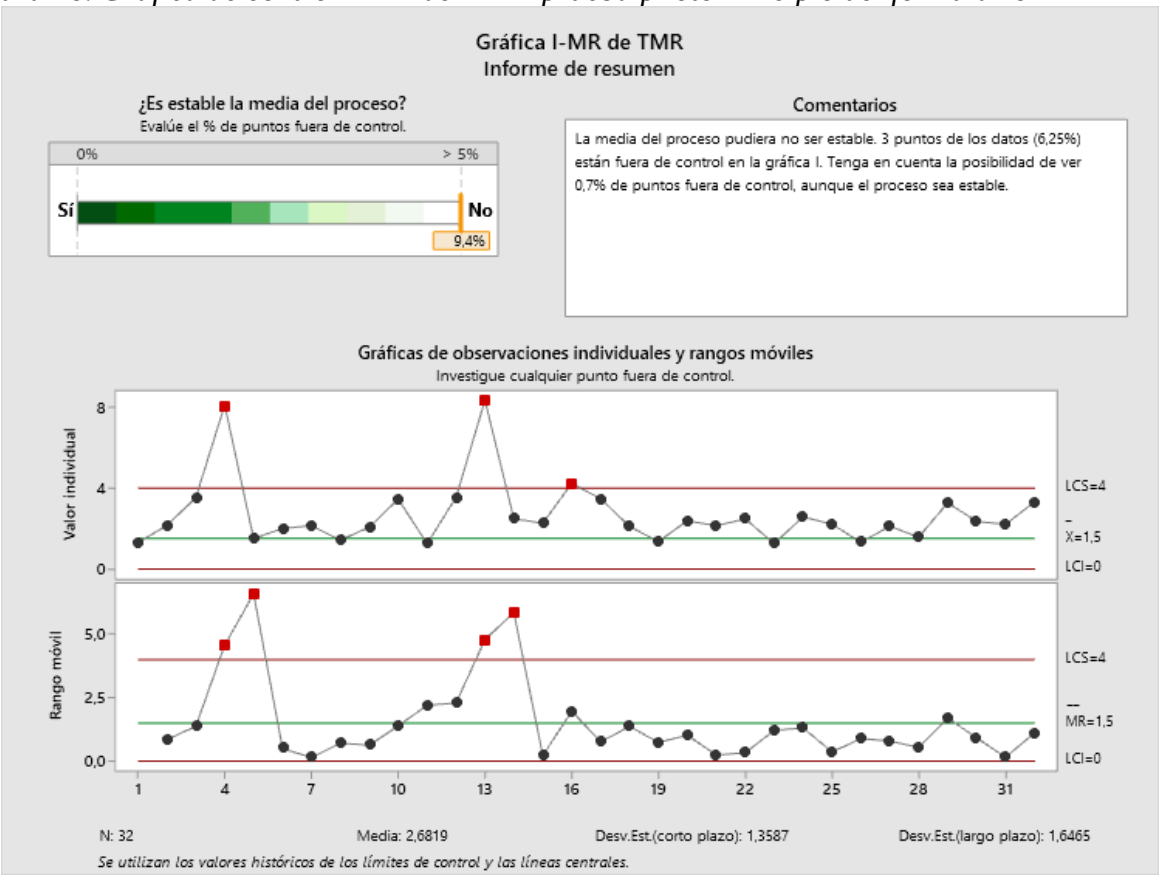
La información proporcionada por el gráfico previo arroja datos reveladores en cuanto al desempeño de la prueba piloto. Es evidente que, durante esta fase, el porcentaje de casos atendidos en menos de 8 horas alcanzó un impresionante 93.75%. Este logro destaca por dos razones fundamentales: en primer lugar, es esencial destacar que el resultado obtenido en la prueba piloto representa un cumplimiento pleno de la meta corporativa establecida por la empresa. La empresa se había fijado como objetivo atender el 90% de los casos en menos de 8 horas, y el desempeño obtenido supera claramente esta marca, lo que subraya la efectividad del enfoque aplicado durante la prueba; en segundo lugar, y quizás igualmente significativo, es la notable mejora observada en comparación con el porcentaje de casos atendidos en menos de 8 horas en agosto de 2022. Durante ese período, el porcentaje era notablemente inferior, situándose en un 85%. La prueba piloto logró una mejora sustancial de 8.75 puntos porcentuales en este indicador. Este aumento en la eficiencia y la capacidad de respuesta no solo demuestra el impacto positivo de la prueba piloto en el cumplimiento de los objetivos establecidos, sino que también refleja el compromiso de la empresa con la satisfacción del usuario. Un mayor porcentaje de casos atendidos en un plazo de tiempo más corto se traduce en una experiencia más satisfactoria para los usuarios, lo que fortalece la reputación de la empresa y su relación con los

clientes, asimismo, esta información se analizará con mayor detalle en las gráficas de control I-MR.

Gráfica de control I-MR

Basándonos en los datos proporcionados en la Tabla 14, se procedió a realizar un análisis mediante la creación de una gráfica de control I-MR (Individual-Moving Range). Esta representación gráfica arrojó resultados interesantes, ya que, de las 32 pruebas piloto llevadas a cabo, únicamente tres puntos se encuentran fuera de control. Estos puntos identificados como atípicos corresponden a las pruebas 4, 13 y 16, lo que representa aproximadamente un 6.25% del total de pruebas. Este hallazgo es significativo, ya que sugiere que, en la mayoría de las pruebas piloto, el proceso de atención de daños se mantuvo bajo control, con un nivel de variabilidad que se encuentra dentro de los límites establecidos. Sin embargo, la detección de estos puntos atípicos en las pruebas 4, 13 y 16 brinda una oportunidad valiosa para profundizar en su análisis y comprender las razones subyacentes detrás de estas variaciones inusuales.

Figura 26. Gráfica de control I-MR del TMR prueba pilotoPrincipio del formulario



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Además de la gráfica de control, se procedió a calcular la distribución de casos atendidos en cada uno de los rangos de tiempo de atención. Este análisis permitirá una mejor comprensión de cómo se distribuyen los tiempos de respuesta en función de las diferentes categorías de atención. A continuación, se abordará en detalle el resultado de este cálculo:

Tabla 14. Rangos de atención TMR abril 2023

Rangos de atención	Zona Popayán
1. Rango <=3 horas	23
2. Rango >3 - <=8 horas	6
3. Rango >8 - <=12 horas	3
4. Rango >12 - <=24 horas	0
5. Mayor a 24 horas	0
Total general	32

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Para proporcionar un contexto más revelador, es interesante comparar estos resultados con los obtenidos en el TMR del mes de abril de 2023. En ese momento, el cálculo reveló que había 570 casos fuera de control de un total de 2535 daños eléctricos registrados, lo que representaba un 22.48% fuera de los rangos especificados. Esta comparación pone de manifiesto una mejora significativa en la gestión de los tiempos de respuesta y la atención de daños, asimismo, este logro destaca el impacto positivo de las medidas implementadas durante la prueba piloto y subraya el progreso hacia la mejora continua con el incremento de la productividad de las brigadas que se verá a continuación.

Productividad de las brigadas de atención de daños durante la prueba piloto.

El análisis de la productividad de las brigadas de atención de daños durante la prueba piloto es un componente fundamental en la evaluación integral de este proceso crucial. Por esta razón se hizo en un detallado examen de cómo las brigadas operaron en términos de eficiencia y rendimiento durante este período de prueba. Este análisis permitió comprender en profundidad cómo las medidas implementadas en la prueba piloto influyeron en la capacidad de las brigadas para responder a diferentes situaciones laborales de manera efectiva y oportuna

Tiempo promedio de la reparación de un daño: 2.53 horas

Cantidad de daños atendidos por jornada: 2

$$Productividad = \frac{Daños\ atendidos\ por\ jornada}{Tiempo\ promedio\ de\ la\ repación\ de\ un\ daño} = \frac{2}{2.53} = 0.7905$$

Los resultados obtenidos revelan un aumento notable en la productividad de las brigadas durante la prueba piloto, con un incremento de 0.405 en comparación con la fase de diagnóstico. Mientras que la productividad de las brigadas en la etapa de diagnóstico se calculó en 0.75, durante la prueba piloto se logró elevar este índice de manera significativa. Este aumento en la productividad no solo valida la efectividad de las medidas implementadas durante la prueba piloto, sino que también genera una confianza sólida en la viabilidad de la implementación de estas mejoras a nivel organizacional, pues el costo total de una brigada de atención de daños actualmente se calcula de la siguiente manera:

Tabla 15. Costo mensual de una brigada de atención de daños

Costo mensual de una brigada del proceso de atención de daños			
ítem	Cantidad	Valor unitario	Total
Salarios técnico electricista	2	$ 2.100.000	$ 4.200.000
Costos administrativos	2	$ 610.406	$ 1.220.812
Materiales y equipos	2	$ 1.050.000	$ 2.100.000
Capacitación y desarrollo	2	$ 600.000	$ 1.200.000
Vehículo	1	$ 5.950.000	$ 5.950.000
Seguros y responsabilidad civil	2	$ 535.000	$ 1.070.000
Equipos de comunicación	3	$ 1.320.000	$ 3.960.000
Insumos eléctricos	1	$ 860.000	$ 860.000
			$ 20.560.812

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Con base en la anterior tabla, el costo mensual de las 7 brigadas se estima en $143.925.684 y para calcular el ahorro que representará para la empresa el aumento la productividad de un 4.05% a través de la implementación de este proyecto se desarrolló la siguiente fórmula:

$$Ahorro = Costo\ total\ actual \times 0.0405$$

$$Ahorro = \$143.925.684 \times 0.0405$$

$$Ahorro = \$\ 5.828.990$$

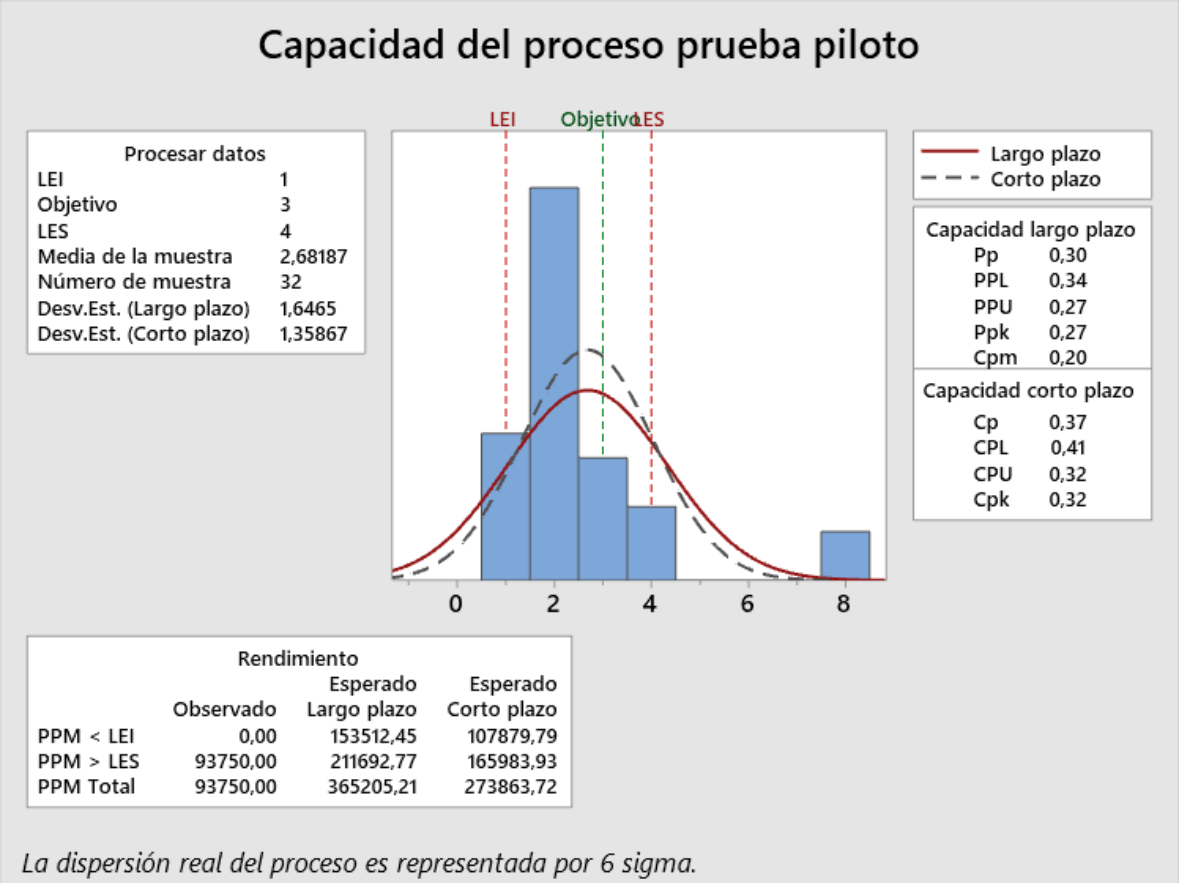
Esta cifra, que refleja el ahorro proyectado de $5.828.990 como resultado de la mejora en la productividad, destaca de manera elocuente el impacto positivo que esta iniciativa tendrá en

los costos operativos de la compañía. Por ejemplo, al proyectar estos ahorros durante un período de un año, la empresa se beneficiaría con un ahorro acumulado de $69.947.882. Este ahorro no solo tiene un efecto inmediato, sino que también sienta las bases para una mayor viabilidad y eficiencia a largo plazo. La implementación a gran escala de esta mejora, abarcando todas las brigadas del departamento del Cauca, augura un horizonte aún más prometedor. Esta perspectiva demuestra claramente que la inversión en mejorar la productividad no solo es rentable a corto plazo, sino que también tiene un impacto significativo en la rentabilidad y la sostenibilidad de la empresa en el futuro, asimismo, para corroborarlo se procedió con el cálculo nuevamente de la capacidad del proceso y se volvió a medir el nivel sigma luego de la implementación de la prueba piloto:

Capacidad del proceso posterior a la prueba piloto

Después de llevar a cabo la fase de implementación de la prueba piloto, se procedió a realizar una nueva evaluación de la capacidad del proceso. Esta evaluación se basó en los resultados recopilados durante las 32 pruebas realizadas como parte de esta etapa. Como resultado de este análisis exhaustivo, se generó una representación gráfica que proporciona una visión clara y detallada de la situación actual del proceso. Esta gráfica no solo revela las variaciones y tendencias observadas en el proceso tras la implementación de la prueba piloto, sino que también arroja luz sobre posibles áreas de mejora y oportunidades para optimizar aún más la eficiencia y la calidad de este proceso. Por tanto, la información derivada de esta nueva evaluación es de suma importancia y servirá como base sólida para la toma de decisiones informadas y estratégicas destinadas a la mejora continua.

Figura 27. Capacidad del proceso prueba piloto

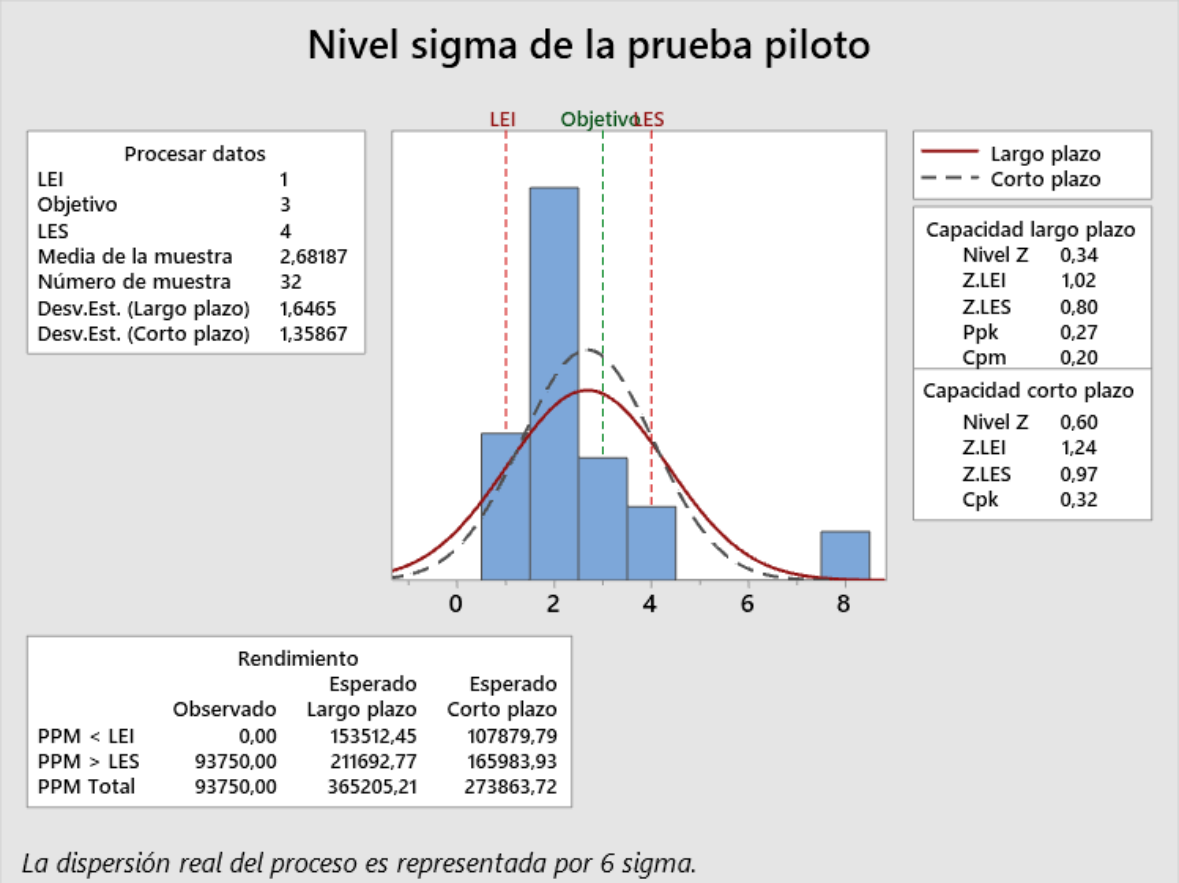


Fuente: Elaboración Propia (2023).

Tal como se aprecia en la representación gráfica anterior, se constata que la capacidad del proceso ha experimentado una mejora notable, alcanzando un valor de 0.37. Este incremento en la capacidad del proceso es un indicativo claro de que, tras la implementación exitosa de la prueba piloto, se han logrado avances significativos en términos de eficiencia y calidad en las operaciones. Es relevante destacar que el índice Cp ha experimentado un aumento de 0.05, lo que confirma la eficacia de las modificaciones introducidas.

Adicionalmente, en este contexto de mejora continua, se procedió a realizar el nuevamente el cálculo del nivel sigma de la organización. Este análisis es esencial para evaluar la madurez del proceso y su alineación con estándares de calidad y eficiencia. Los resultados de este cálculo proporcionarán una visión más completa de la capacidad de la organización para cumplir con las especificaciones y satisfacer las necesidades de los clientes, así como identificar posibles áreas de oportunidad para el perfeccionamiento del proceso.

Figura 28. Nivel sigma de la prueba piloto



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Según los datos presentados en la tabla anterior, es evidente que durante la prueba piloto se logró un avance significativo en la medición del nivel sigma. En esta fase, el nivel sigma alcanzó un impresionante valor de 2.1 σ, lo que representa una mejora notable en comparación con el nivel sigma calculado durante la etapa de diagnóstico, que fue de 1.54 σ. Esta mejora en el nivel sigma refleja la eficacia de las acciones tomadas durante la prueba piloto para optimizar el proceso, reduciendo la variabilidad y acercando el proceso a los estándares de calidad deseados.

Además, otro indicador clave de éxito fue la reducción significativa en la cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO). Durante la implementación de la prueba piloto, los DPMO disminuyeron a 93,750, lo que equivale a un impresionante rendimiento del 90.62%. Esta reducción drástica en los defectos demuestra claramente que las mejoras introducidas en el proceso durante la prueba piloto tuvieron un impacto positivo y significativo en la calidad y

eficiencia del mismo. Estos resultados son indicativos del éxito de la estrategia implementada y señalan un camino prometedor hacia la mejora continua en el proceso.

Fase controlar

Kanban para el Control de Recursos

Con el propósito de sostener las mejoras alcanzadas y asegurar que las brigadas cuenten con todos los dispositivos de comunicación, herramientas, materiales e insumos necesarios al iniciar su jornada laboral, se llevó a cabo una implementación exitosa de la metodología Kanban en la etapa de Controlar del proceso DMAIC. Este enfoque ha demostrado ser un hito crucial en la optimización de la gestión de recursos para las brigadas de atención de daños eléctricos, respaldado por una lista de chequeo creada para monitorear los recursos de cada brigada al inicio de su turno.

Basada en los sólidos principios de Lean Manufacturing, esta implementación se ha centrado en asegurar la disponibilidad eficiente de recursos esenciales, con el objetivo de mantener y mejorar los niveles de productividad alcanzados durante la prueba piloto. La necesidad de garantizar un flujo constante de recursos y prevenir interrupciones en las actividades de las brigadas se ha vuelto aún más apremiante para mantener la sostenibilidad de las mejoras logradas durante la prueba piloto.

Implementación de Kanban

Identificación de elementos críticos

Los elementos esenciales para el trabajo de las brigadas, como dispositivos de comunicación, herramientas, materiales, insumos, vehículos y equipos de transporte, se detallaron y catalogaron en una lista de chequeo.

Compañía Eléctrica del Cauca

Lista de Chequeo para Brigadas de Atención de Daños Eléctricos

Fecha:

Supervisor:

Código de brigada:

Integrantes de la brigada:

Municipio:

1. Dispositivos de comunicación:

- ☐ Radios de comunicación operativos y cargados.
- ☐ Celulares móviles y PDA de trabajo operativos y cargados.
- ☐ Generadores de internet y baterías portátiles disponibles.

2. Herramientas y equipos:

- ☐ Herramientas de mano (destornilladores, alicates, llaves, etc.) en buen estado.
- ☐ Equipo de protección personal (casco, guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, etc.).
- ☐ Equipo de señalización (conos, cintas de advertencia, vallas).
- ☐ Linterna y pilas de repuesto.
- ☐ Kit de primeros auxilios.

3. Materiales e Insumos:

- ☐ Fusibles y disyuntores.
- ☐ Conectores, terminales y aislantes.
- ☐ Cintas aislantes y cintas para marcado.
- ☐ Hojas de reporte y documentación técnica.
- ☐ Elementos de anclaje y soporte (abrazaderas, grapas, etc.).
- ☐ Equipo de extinción de incendios (extintor, manta ignífuga).

4. Vehículos y equipos de transporte:

- ☐ Herramientas y equipos asegurados en el vehículo de manera adecuada.
- ☐ Documentación del vehículo (licencia, tarjeta de circulación, seguro, etc.).

Observaciones y Notas:

_____

_____

_____

Esta lista de chequeo debe ser completada por el supervisor de las brigadas antes de cada jornada laboral para asegurarse de que todos los elementos necesarios estén disponibles y en condiciones óptimas, para facilidad de su implementación, su diligenciamiento puede ser en físico o en el siguiente link: https://forms.gle/h9NX9HRmt5RU4Lfs9 . Además, es importante que se realice una revisión periódica y se actualice según sea necesario para adaptarse a cambios en los procedimientos o en los equipos utilizados.

Identificación de elementos críticos

Con el fin de identificar los recursos críticos, se han tenido en cuenta los dispositivos tecnológicos clave para el flujo de información en el proceso, así como aquellos que formaron parte de la mejora implementada. En este proceso de priorización, se han considerado recursos esenciales como la PDA y el radio teléfono, además de los recursos propuestos. Estos últimos comprenden elementos cruciales que cada brigada debe llevar consigo, tales como un teléfono celular corporativo, un generador portátil de Wi-Fi y un cargador de batería portátil.

Tabla 16. Recursos críticos

	Recursos Críticos para mejorar el flujo de información
PDA	✓
Radio teléfono	✓
Celular	✓
Cargador portátil de batería	✓
Generador portátil de wifi	✓

Creación de tarjetas Kanban

Se han asignado tarjetas Kanban a cada elemento crítico en el flujo de información. Estas tarjetas contienen información esencial, incluidos detalles sobre el elemento, su ubicación y los límites de inventario aplicables.

Figura 29. Implementación del modelo KanbanPrincipio del formulario

Tarjeta Kanban PDA	Elemento	PDA
	Ubicación	Almacén Principal
	Límite de inventario	5 unidades
	Disponibles	3 unidades

Tarjeta Kanban Radio Teléfono	Elemento	Radio Teléfono
	Ubicación	Almacén de Comunicaciones
	Límite de inventario	5 unidades
	Disponibles	5 unidades

Tarjeta Kanban Celular	Elemento	Celular
	Ubicación	Almacén telecomunicaciones
	Límite de inventario	5 unidades
	Disponibles	4 unidades

Tarjeta Kanban Cargador Portátil de Batería	Elemento	Cargador Portátil de Batería
	Ubicación	Almacén de tecnología
	Límite de inventario	5 unidades
	Disponibles	5 unidades

Tarjeta Kanban Generador Portátil de Wi-Fi	Elemento	Generador Portátil de Wi-Fi
	Ubicación	Almacén de tecnología
	Límite de inventario	5 unidades
	Disponibles	4 unidades

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Ubicación de las tarjetas Kanban

Las tarjetas Kanban se ubicaron en áreas visibles y de fácil acceso para el supervisor de las brigadas y el personal de almacén, permitiendo una verificación constante de la disponibilidad de recursos.

Figura 30. Simulacro de aplicación modelo Kanban

Fuente: Gutiérrez (2023).

Monitoreo y reposición

Cuando una brigada necesita un recurso específico, el supervisor o el encargado del almacén actualiza la tarjeta Kanban correspondiente de manera inmediata, reflejando la disponibilidad actual del recurso o indicando claramente si se ha agotado y requiere reposición. Cada solicitud de reposición se registra de manera minuciosa y detallada.

Reposición de recursos

El personal de almacén o el equipo de reposición recibe las solicitudes y procede a reponer los recursos agotados en estricto cumplimiento de las tarjetas Kanban modificadas o retiradas.

Mantenimiento del flujo

El flujo de recursos se mantuvo de manera constante, durante el plan piloto gracias a la reposición efectiva basada en las tarjetas Kanban modificadas, actualizadas o retiradas. Esto ha asegurado que las brigadas tengan un acceso ininterrumpido a los recursos necesarios para sus actividades.

Actualización continua

La lista de chequeo y las tarjetas Kanban se actualizan periódicamente para reflejar cambios en procedimientos o recursos. Los límites de inventario se ajustan según las necesidades cambiantes del proceso.

La exitosa implementación de Kanban ha demostrado su importancia vital en el proceso de atención de daños eléctricos. Su capacidad para mantener un flujo constante de recursos y prevenir interrupciones ha sido fundamental para garantizar la continuidad de la mejora alcanzada durante la prueba piloto. Además, ha contribuido significativamente a la mejora continua de nuestro proceso.

CONCLUSIONES

La Compañía Eléctrica del Cauca debe de mejorar constantemente su proceso de atención de daños eléctricos para cumplir con las expectativas de sus usuarios y alcanzar sus metas corporativas.

La implementación exitosa de metodologías como Lean Six Sigma y DMAIC ha resultado eficaz en la identificación y resolución de problemas en este proceso, lo que ha contribuido significativamente a la eficiencia y calidad del servicio

Uno de los hallazgos más destacados fue la identificación de una variable crítica: la demora en el proceso de atención de daños eléctricos se vinculaba principalmente a la deficiente transmisión de información hacia las brigadas de atención. Esta variable tuvo un impacto sustancial en la capacidad de respuesta y la calidad del servicio brindado por la compañía

Durante la prueba piloto de las mejoras propuestas, se logró una reducción significativa en la Tasa Media de Respuesta (TMR), pasando de 3.53 horas a 2.53 horas, superando la meta corporativa del 90% de los casos atendidos en menos de 8 horas. Además, se observa una mejora en la capacidad del proceso, evidenciada por el aumento en el nivel sigma de 1.54 σ a 2.1 σ, y una reducción en los defectos por millón de oportunidades (DPMO) a 93.750, lo que indica una notable mejora en la calidad y eficiencia general.

Estas mejoras no solo generan un impacto inmediato, sino que también proyectan ahorros significativos estimados en $5.828.990, con un impacto acumulado de $69.947.882 en un año. Esto contribuye a una mayor eficiencia y sostenibilidad a largo plazo, fortaleciendo la posición de la compañía como un proveedor de servicios públicos confiable y eficiente.

Un factor clave para el éxito del proyecto fue la exitosa aplicación de la metodología Kanban en la fase de Controlar del proceso DMAIC. Esta metodología garantizó que las brigadas de atención contaran con todos los recursos necesarios al iniciar su jornada laboral, lo que influyó positivamente en los tiempos de atención de daños y en la calidad del servicio ofrecido por la Compañía Eléctrica del Cauca.

RECOMENDACIONES

Para asegurar la mejora continua y la sostenibilidad en el proceso de atención de daños eléctricos de la Compañía Eléctrica del Cauca, se deben considerar las siguientes acciones clave.

Es fundamental seguir monitoreando y manteniendo las mejoras implementadas para garantizar que los beneficios en eficiencia y calidad perduren a largo plazo. De igual forma brindar capacitación continua al personal involucrado para asegurar una implementación efectiva de nuevas metodologías y prácticas y así promover la conciencia entre el personal sobre la importancia de mantener altos estándares de calidad y eficiencia.

Continuar mejorando la gestión de recursos y materiales a través de la metodología Kanban, garantizando que las brigadas estén bien equipadas al comenzar sus jornadas. De este modo, establecer un sistema de seguimiento y medición de indicadores clave para evaluar el rendimiento continuo y realizar ajustes según sea necesario.

Mantener un sistema de monitoreo constante de los indicadores clave de rendimiento para preservar los beneficios de las mejoras a lo largo del tiempo.

Considerar inversiones en tecnología de comunicación avanzada y sistemas de supervisión y control para optimizar la eficiencia operativa.

Perseverar en el cumplimiento de las metas corporativas, como el tiempo de respuesta del 90% en menos de 8 horas, para garantizar la satisfacción del cliente y la conformidad con las regulaciones gubernamentales.

En conjunto, estas acciones asegurarán la mejora continua y la satisfacción del cliente a largo plazo en el proceso de atención de daños eléctricos de la Compañía Eléctrica del Cauca.

Acta de propiedad intelectual

Ingresar aquí el acta de propiedad intelectual

Referencias

Calidad. (2016, agosto 4). https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/

CEO. (2021). Informes de Gestión. https://www.ceoesp.com.co/

Cobertura Colombia. (2023). *Cobertura*. https://www.nperf.com/es/map/CO/3671916.Popayan/198197.Claro-Movil/signal/?ll=2.4529780290463976&lg=-76.58878326416017&zoom=13

Criollo, O. L. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en condición en el área de distribución de la empresa "Rural Energy"* [MasterThesis, Universidad del Azuay]. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11889

Cuartin, A. (2020, noviembre 24). *¿Qué son indicadores? Ejemplos, características y tipos*. Legaltech. https://blog.lemontech.com/que-son-indicadores-ejemplos-caracteristicas-y-tipos/

Duque, L. Y. S., Cuartas, S. P., & Alzate, P. A. A. (2016). *ANÁLISIS CON BASE EN LA FALLA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA EN COLOMBIA Y CONSECUENCIAS EN SU ECONOMÍA*.

Fontalvo, T., De La Hoz Granadillo, E., Morelos Gómez, J., Fontalvo Herrera, T., De La Hoz Granadillo, E., & Morelos Gómez, J. (2020). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial*, *16*(1), 47-60. https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375

Fortea, C., & Escrig, J. (2019). Técnicas de control de calidad en cirugía. Aplicación de las gráficas de control cumulative sum. *Cirugía Española*, *97*(2), 65-70. https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2018.11.008

Gueorguiev, T. (2018). Improving the Internal Auditing Procedure by Using SIPOC Diagrams. *Journal of Innovations and Sustainability*, *4*(2), 35-43.

Guerrero Moreno, D. R., Silva Leal, J. A., Bocanegra-Herrera, C. C., Guerrero Moreno, D. R., Silva Leal, J. A., & Bocanegra-Herrera, C. C. (2019). Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *27*(4), 652-667. https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000400652

Leon, N. F., & Giraldo, G. (2019). Propuesta de mejora de procesos en la atención de pedidos en un marketplace bajo el Enfoque DMAIC. *Universidad Ricardo Palma*. https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2824

Leyva, F. (2021). *Qués es el Diagrama de Pareto*. https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/.

Llerena, E. D. Y., & Guillen, K. F. A. (s. f.). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA KANBAN EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA GENERACIÓN, VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE REACTIVOS, INTEGRADO AL SISTEMA INFORMÁTICO DE CONTROL ACADÉMICO UNACH.*

Molina, S. M. C., & Guerín, D. J. (2021). *DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE ATENCIÓN AL CLIENTE EN EL RESTAURANTE ITALIANO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC.*

Ospina, A. M. (2019). El servicio al cliente como estrategia competitiva. *Revista Colombiana de Ciencias Administrativas*, *1*(1), 8-20.

Otamendi, J. (2006). El control de su proceso en tiempo real con MINITAB. *Forum tecnológico, ISSN 1579-3818, Nº. 9, 2006, pags. 10-12*.

Otzen, T., & Manterola, C. (2019). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227-232. https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Pasquetti, C. M., & Salas, C. (2016). *Los sistemas de monitoreo y evaluación: Hacia la mejora continua de la planificación estratégica y la gestión pública*. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0000453

Pérez, L. A., Pérez, J. J., García, L. A., & Gómez, P. I. (2020). *Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad*.

Quilamán, A. J. Q., & Chacur, A. A. (2019). *Evaluación y propuesta de mejoras de un modelo de atención de usuarios en un servicio público* [PhD Thesis]. Universidad de Concepción.

Robadey, A., & de Oliveira Biazatti, B. (2019). El acceso a la energía como un derecho humano. *LN Caldeira (erg.), Desarrollo sostenible y matriz energética en América Latina: la universalización del acceso a la energía limpia*, 25-42.

Rodríguez, J. (2020). *5 porqués: Definición, aplicación y ejemplos*. https://blog.hubspot.es/sales/5-porques

Salazar, B. (2022, enero). *Capacidad de procesos » Ingenieria Industrial Online*. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/capacidad-de-procesos/

Vargas, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-893X2016000100030&lng=es&nrm=iso&tlng=es. *Educación química*, *27*(1), 30-36. https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.013

Vasquez, J. G. V. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ATENCIÓN DE RECLAMOS EN LA EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS UTCUBAMBA S.A.C. PARA MEJORAR EL SERVICIO AL CLIENTE*.

Vásquez, J. M. R. (2019). *PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR LA VARIABILIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LOS COMUNEROS BAJO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA*. 13.

Vergara, I. G. P., & López, J. A. R. (2019). Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, *27*, 259-284.

Villacorta, F. P. (2019). Aplicación de la metodología DMAIC para mejorar la calidad de servicio en la empresa HCI Construcción y Servicios SAC en el cono norte, Lima 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39167

Villareal, K., Muñoz, S., & Paredes, G. (2018). *PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE SUSPENSION DE ENERGIA EN LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE, CON LA METODOLOGIA DMAIC.* Fundación Universitaria de Popayán.

Zurbano, 90. (2019, agosto 27). Lean Six Sigma: ¿Cómo funciona esta metodología para reducir fallos? *APD España*. https://www.apd.es/lean-six-sigma-como-funciona/

ANEXOS

Anexo [1] C. E. O, «Informe de gestión,» Popayán, 2020.

Tiempo Medio de Respuesta (TMR)

Indicadores	Resultados 2019	Meta 2020	Resultado 2020
Tasa media de respuesta (horas)	7.44	6.0	5.8

El indicador TMR cerró el año en 5.8 horas, con una mejora del 22% respecto al año 2019 que cerró en 7.44 horas, a pesar de haber desmejorado en el último mes del año por las situaciones descritas anteriormente.

Entre los datos relevantes respecto a la atención de daños (excluyendo los casos que fueron cerrados en escritorio por validación de continuidad del servicio), se tiene que:

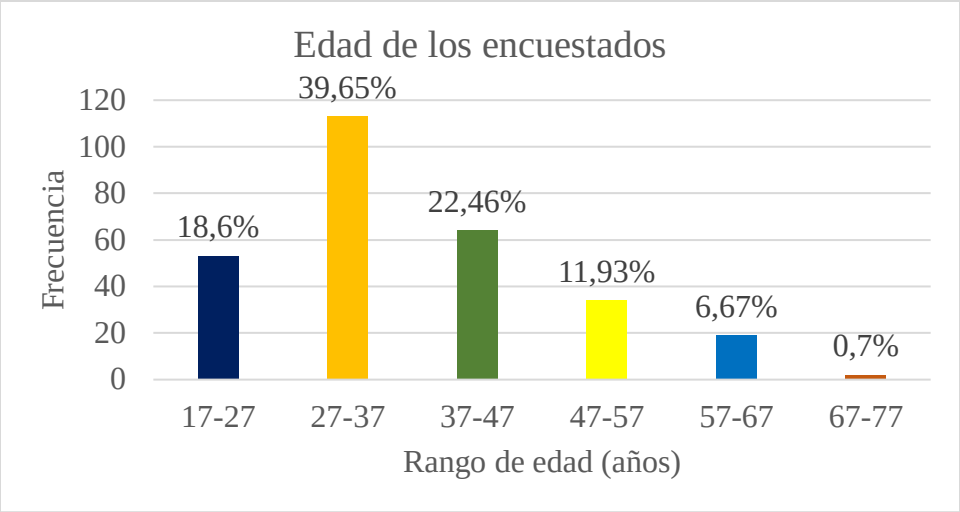
- El 58% de los casos atendidos fueron en baja tensión, de los cuales, el 51% fueron atendidos en la acometida o medidor, esto representa el 30% del total de casos atendidos en el año 2020.
- En promedio, el 38% de los casos atendidos fueron reincidentes en un elemento de la red, con 2 o más casos atendidos en el mismo sector durante el año 2020

Informe Anual **2020** | **52**

Anexo [2] Encuesta de satisfacción de los usuarios de CEC

La siguiente tabla de frecuencia muestra la distribución de edades de todas las personas que participaron de la encuesta. Se han agrupado las edades en intervalos de 10 años. En total, se registraron 285 observaciones en el conjunto de datos.

Edad	Frecuencia	Porcentaje
17-27	53	18,6%
27-37	113	39,65%
37-47	64	22,46%
47-57	34	11,93%
57-67	19	6,67%
67-77	2	0,7%
Total		**285**



Género

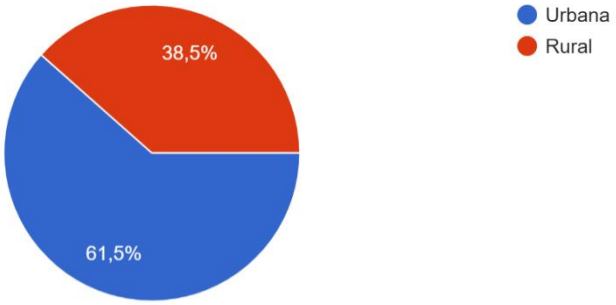
286 respuestas

Zona de residencia

286 respuestas

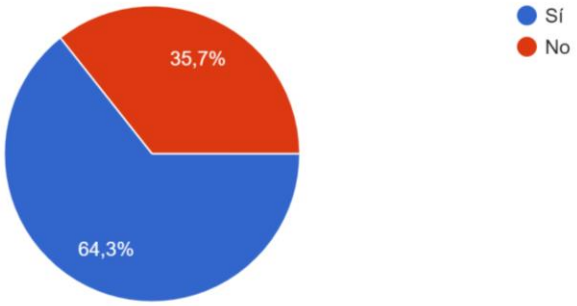
no

no



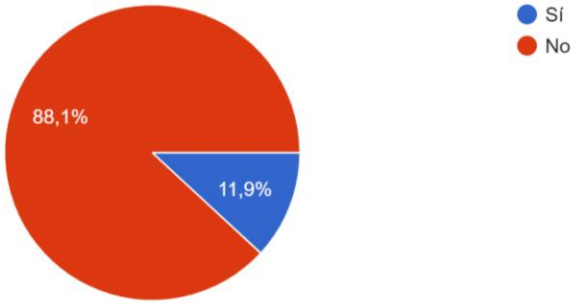
3. ¿Considera que los funcionarios fueron amables y atentos durante el incidente?

286 respuestas



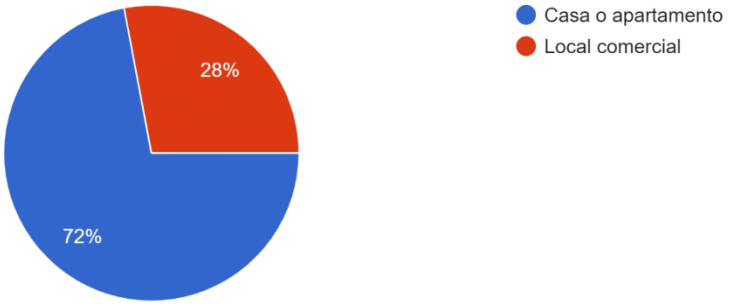
4. ¿Recibió alguna comunicación de la empresa sobre la duración estimada del daño?

286 respuestas



7. ¿Cuál es su tipo de residencia?

286 respuestas

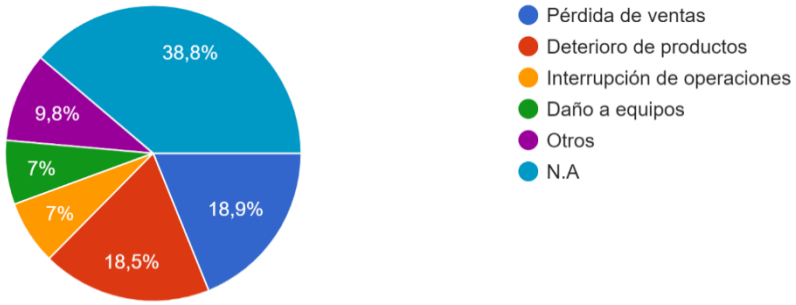


8. ¿Cómo le afecta personalmente la interrupción de energía eléctrica?

286 respuestas

9. Si tiene un negocio, ¿cómo le afecta la interrupción de energía eléctrica?

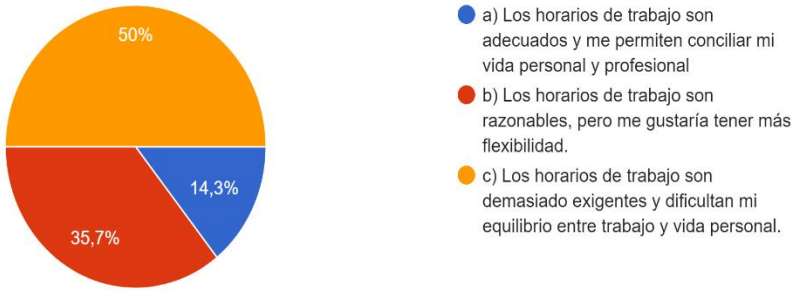
286 respuestas



Anexo [3] Encuesta de clima laboral de los auxiliares de operaciones y técnicos electricistas de CEC

1. ¿Estás satisfecho/a con los horarios asignados por la empresa?

14 respuestas

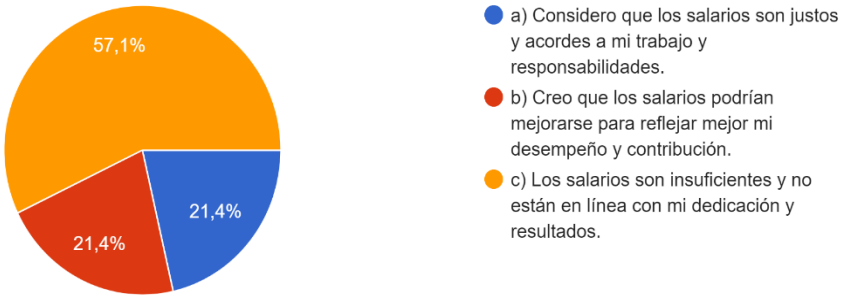


2. ¿Estás conforme con la asignación de turnos?

14 respuestas

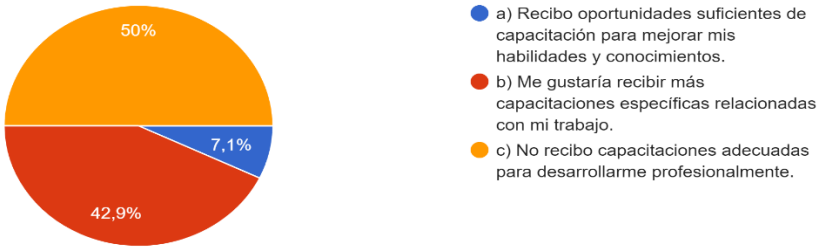
3. ¿Consideras que los salarios ofrecidos por la empresa son justos y adecuados para tu labor y responsabilidades?

14 respuestas



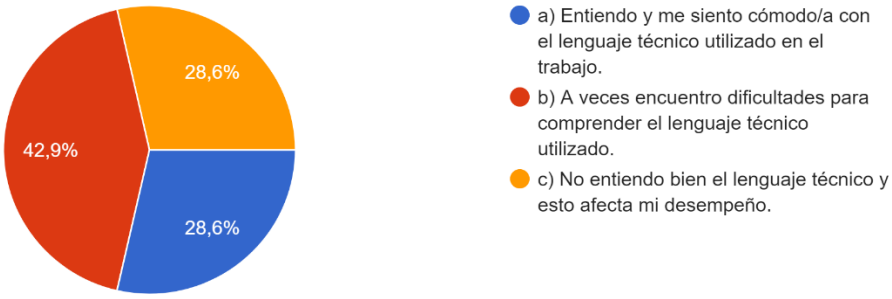
4. ¿Sientes que recibes suficientes oportunidades de capacitación para mejorar tus habilidades y conocimientos en tu puesto de trabajo?

14 respuestas



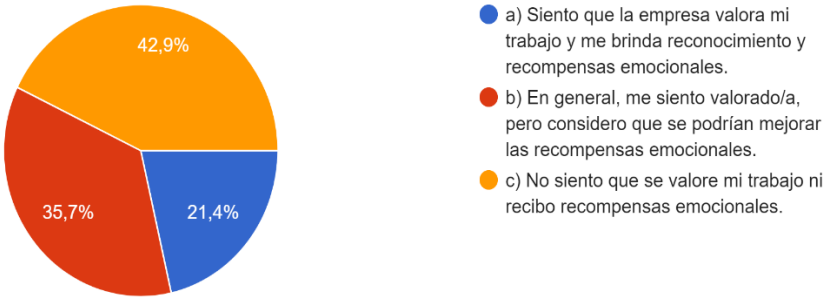
5. ¿Te sientes cómodo/a y comprendes adecuadamente el lenguaje técnico utilizado en tu trabajo?

14 respuestas



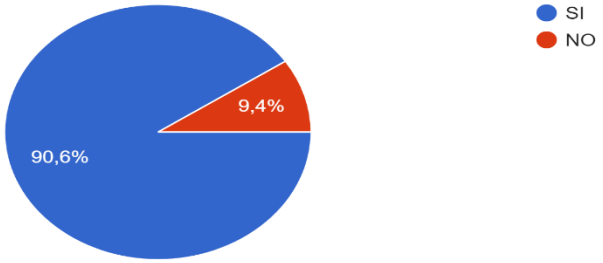
6. ¿Sientes que la empresa valora tu trabajo y te brinda reconocimiento y recompensas emocionales por tus logros y contribuciones?

14 respuestas

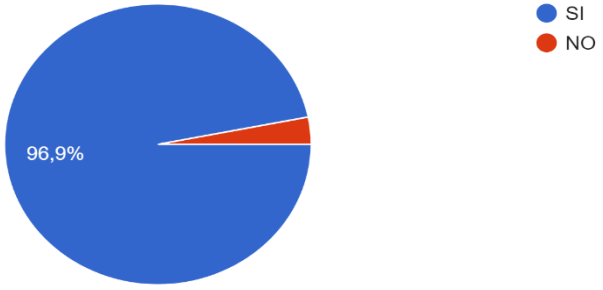


Anexo [4] Formato Implementación de Prueba Piloto en el Proceso de Atención de Daños Eléctricos

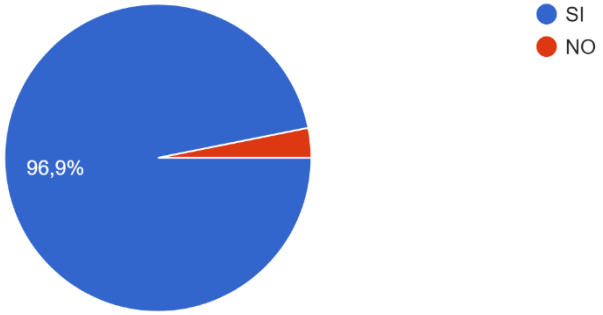
Dispositivos de comunicación ¿Dispone de teléfono celular?
32 respuestas



Dispositivos de comunicación ¿Dispone de un generador portátil de internet?
32 respuestas

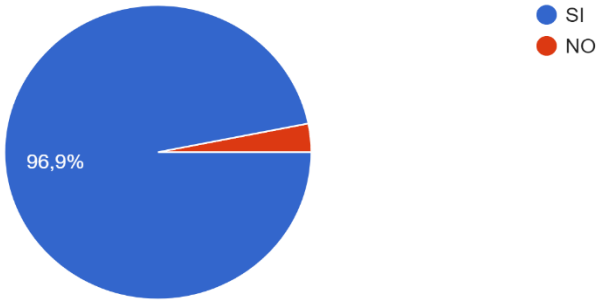


Dispositivos de comunicación ¿Dispone de batería portátil?
32 respuestas



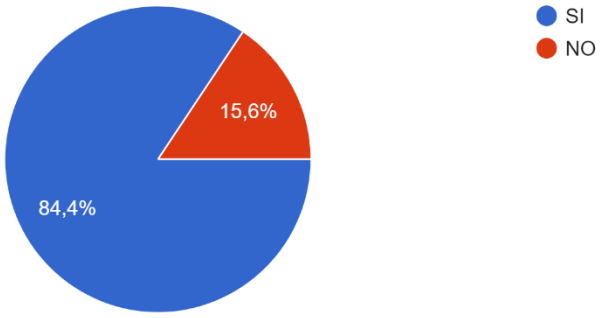
Conocimientos previos ¿Conoce de los procedimientos de comunicación?

32 respuestas



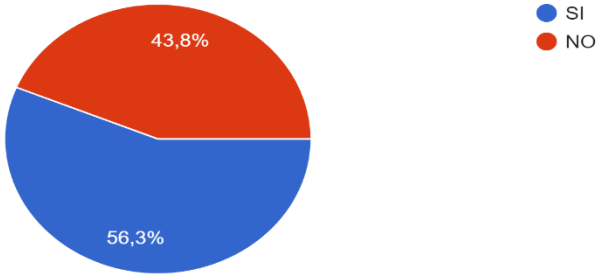
Conocimientos previos ¿Comprende y tiene habilidad para usar los medios de comunicación?

32 respuestas



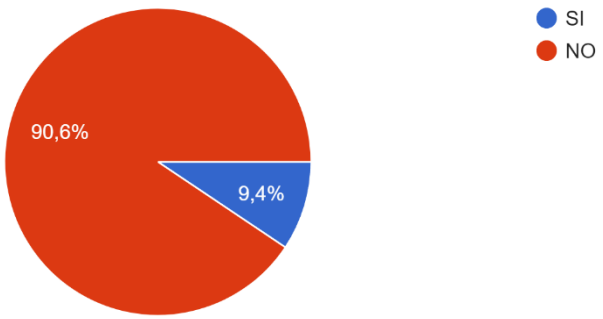
Cobertura en la zona ¿En la zona de trabajo hay cobertura de voz ?

32 respuestas



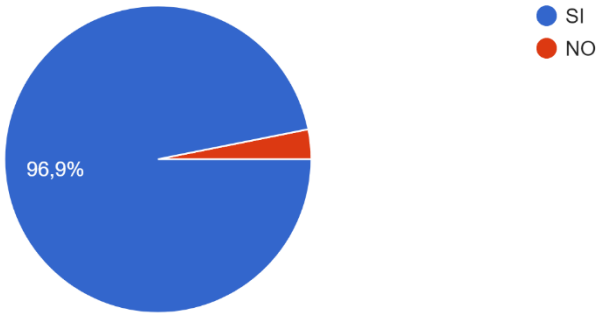
Cobertura en la zona ¿En la zona de trabajo hay cobertura de datos ?

32 respuestas



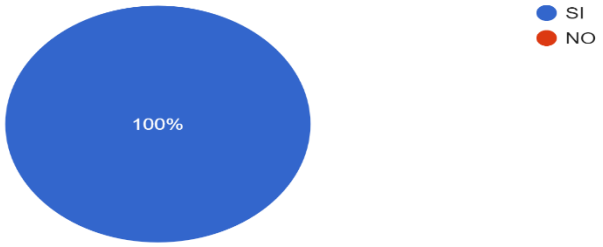
Infraestructura y logística Si la respuesta anterior fue negativa, responda: ¿Con el generador portátil de internet fue posible comunicarse con el Centro de Operaciones?

32 respuestas



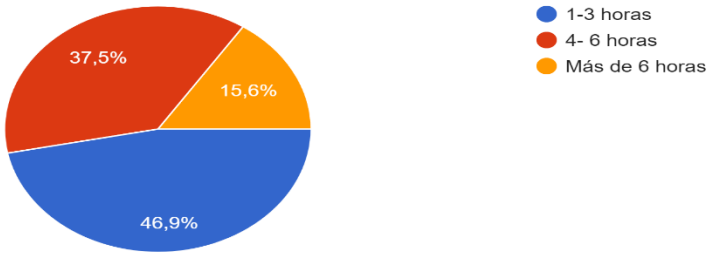
Infraestructura y logística ¿Al tener disponible la red WiFi, la información se transmite y recepciona de manera oportuna?

32 respuestas



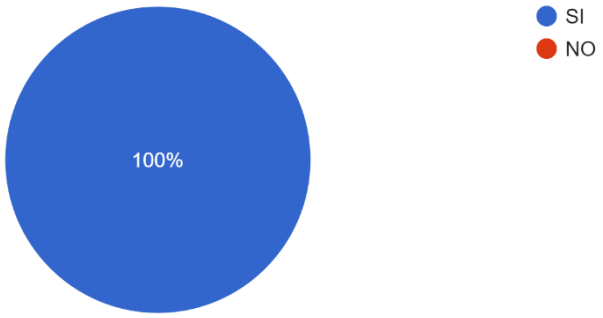
Infraestructura y logística ¿Cuánto tiempo duró la batería de su radio teléfono?

32 respuestas



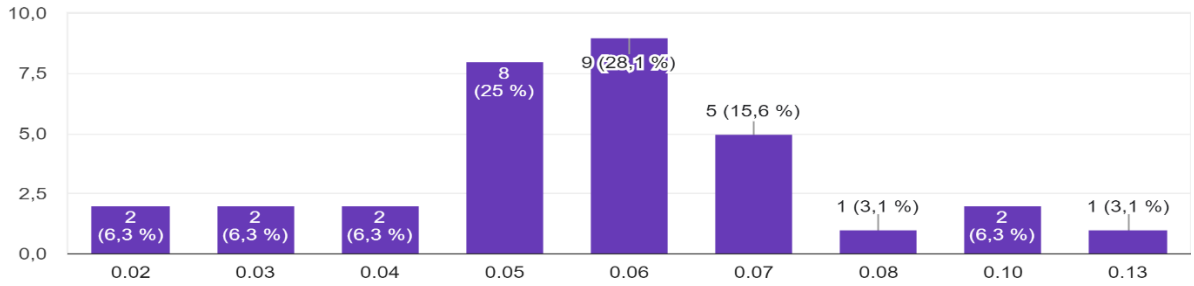
Infraestructura y logística ¿Fue útil el generador de batería portátil?

32 respuestas



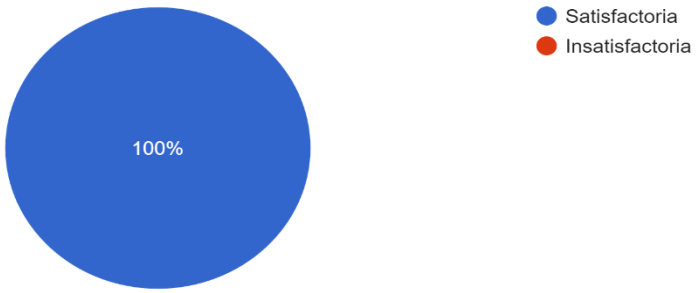
Seguimiento y Evaluación Tiempo aproximado desde que un daño eléctrico se asigna en sistema hasta que es recepcionado por la brigada en su PDA

32 respuestas



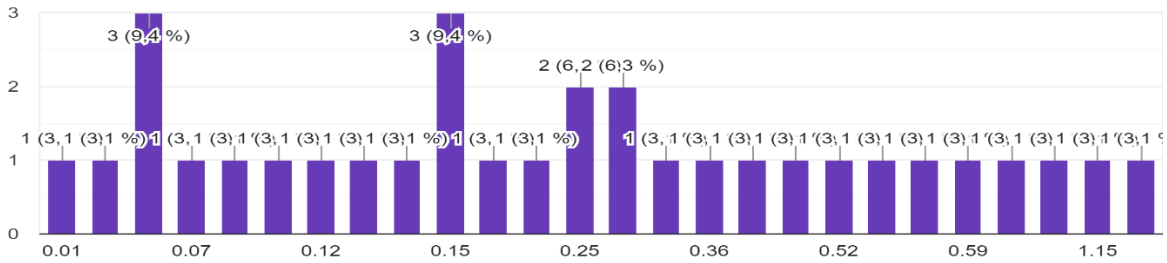
Seguimiento y Evaluación Evaluación de la eficiencia de las comunicaciones en áreas con baja cobertura con los dispositivos proporcionados

32 respuestas



Datos Recolectados tiempo de asignación a la brigada (TA)

32 respuestas



Link del formato utilizado en la implementación del plan piloto https://forms.gle/WmGBpW2y6Nup79go6

Anexo [5] Fotos durante la implementación del plan piloto