

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
REESTRUCTURACIÓN PARA MEJORAR LA  
METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REVISIÓN  
DE HURTOS ELÉCTRICOS EN EL PROCESO DE  
PÉRDIDAS ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA DE  
SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A. PARA EL  
SEGUNDO SEMESTRE DEL 2024.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR  
POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ÁLVARO ALFONSO BRENES ESTRADA

Tutor: ING. EDWIN GERARDO VARGAS LEÓN

HEREDIA, JUNIO, 2024

## DECLARACION JURADA

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Alvaro Alfonso Brenes Estrada, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 401790678 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UNA REESTRUCTURACIÓN PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REVISIÓN DE HURTOS ELÉCTRICOS EN EL PROCESO DE PÉRDIDAS ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A. PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2024., es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los 25 días del mes de agosto del año dos mil veinticuatro.

**ALVARO  
ALFONSO BRENES  
ESTRADA (FIRMA)**

Firmado digitalmente por  
ALVARO ALFONSO BRENES  
ESTRADA (FIRMA)  
Fecha: 2024.08.25 19:54:09  
-06'00'

Firma del estudiante

Cédula 401790678

# CARTA DEL TUTOR

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 29 de agosto de 2024

*Destinatario*  
*Escuela de Ingeniería Industrial*  
*Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante Álvaro Alfonso Brenes Estrada, cédula de identidad número 401790678, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado IMPLEMENTACIÓN DE UNA REESTRUCTURACIÓN PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REVISIÓN DE HURTOS ELÉCTRICOS EN EL PROCESO DE PÉRDIDAS ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A. PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2024, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19
	TOTAL		92

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

**Edwin**  
**Vargas León**

Firmado digitalmente  
 por Edwin Vargas León  
 Fecha: 2024.08.29  
 10:51:54 -06'00'

*Nombre: Ing. Edwin Vargas León*  
*Cédula identidad N. 401670771...*  
*Carné Colegio Profesional N IPI-18468....*

# CARTA DEL LECTOR

## CARTA DE LECTOR

Heredia, 21 de octubre 2024

Universidad Hispanoamericana  
Sede HEREDIA  
Carrera INGENIERÍA INDUSTRIAL


Estimados señores

El estudiante ÁLVARO ALFONSO BRENES ESTRADA, cédula de identidad 4 0179 0678, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado " IMPLEMENTACIÓN DE UNA REESTRUCTURACIÓN PARA MEJORAR LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REVISIÓN DE HURTOS ELÉCTRICOS EN EL PROCESO DE PÉRDIDAS ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A. PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2024", el cual ha elaborado para obtener su grado de LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte. Carlos  
Firma Chavarria

 Digitally signed by Carlos  
Chavarria  
Date: 2024.10.21 18:04:01  
-06:00

Nombre: Ingeniero Carlos Chavarria Hidalgo  
Cédula 1- 754 -062

# AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

Heredia, 12 noviembre del 2024

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

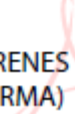
Estimados Señores:

El suscrito (a) Alvaro Alfonso Brenes Estrada con número de identificación 401790678 autor (a) del trabajo de graduación titulado: Implementación de una reestructuración para mejorar la metodología utilizada para la revisión de hurtos eléctricos en el proceso de pérdidas eléctricas de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia s.a. para el segundo semestre del 2024 presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

ALVARO  
ALFONSO BRENES  
ESTRADA (FIRMA)



Firmado digitalmente por  
ALVARO ALFONSO BRENES  
ESTRADA (FIRMA)  
Fecha: 2024.11.12 15:13:59  
-06'00'

Firma y Documento de Identidad

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mi esposa y mi hijo, Melissa y Caleb, porque siempre me han apoyado en cada momento y sé que luchan a mi lado por todo lo que hago, son las dos personas que me apoyan y creen en mí. Gracias al ejemplo de verlos luchando me contagian en seguirlos, en ser constante y me recargan de energía, gracias por estar ahí siempre.

## AGRADECIMIENTOS

Como creyente en un ser supremo que acompaña mi caminar, doy las gracias a Dios por haberme guiado en las decisiones tomadas y ayudarme en cada escalón que he subido.

Agradecer a mi familia que apoya mis triunfos y los celebra conmigo, que los disfrute porque están a mi lado siempre.

Un profundo agradecimiento a Cristian Bermudez que me dio ese primer empujón universitario, el cual siempre lo tengo presente, porque eso fue lo que me ayudo a meterme en este mundo del estudio y profesionalismo, infinitas gracias.

También de forma muy importante agradezco a Geoffrey Ureña que es una persona que creyó en mí y profesionalmente me apoyo sin tener que hacerlo, en la vida hay personas que llegan que no son familia, ni tienen ningún vínculo con nosotros pero de forma desinteresada son los que lo catapultan a uno a cosas grandes, a él las infinitas gracias, siempre tendrá un lugar especial en mi vida y le tengo un gran afecto y admiración por eso lo escucho de forma clara cuando me habla de algún tema, siempre se le digo que estaré en deuda por todo lo que ha hecho por mí.

Finalmente agradecerle al tutor el cual es una persona de la que no llegamos a conocer y pasa muy rápido por nuestras carreras, pero es un pilar para dar ese paso final, su guía es fundamental para culminar de buena forma, muy agradecido don Edwin Vargas por todo.

## TABLA DE CONTENIDO

Declaracion Jurada .....	2
Carta del tutor .....	3
Autorizacion de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos .....	7
Indice de imágenes .....	11
Indice de tablas .....	13
ACRÓNIMOS Y SIGLAS .....	15
RESUMEN .....	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....	18
1.1 Descripción general del proyecto .....	19
1.2 Identificación de la ORGANIZACIÓN .....	19
1.3 Planteamiento del problema.....	21
1.4 Objetivos del proyecto .....	24
1.4.1 Objetivo General.....	24
1.4.2 Objetivos Específicos .....	24
1.5 Alcances y limitaciones .....	25
1.5.1 Alcances.....	25
1.5.2 Limitaciones .....	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	28
2.1.1 Ingeniería de métodos.....	28
2.1.2 Procesos .....	29
2.1.3 Mejora continua.....	29
2.1.4 Six Sigma.....	30
2.1.5 Reingeniería.....	30
2.1.6 Evaluación de proyectos.....	31
2.1.7 Sistemas de control.....	31
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	32
2.2.1 Población y muestra .....	32
2.2.2 Metodología DMAIC .....	33
2.2.3 Definir.....	34
2.2.4 Medir .....	34
2.2.5 Analizar .....	35
2.2.6 Mejorar .....	36
2.2.7 Controlar.....	37

2.3	El marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	37
2.3.1	Análisis efectividad de costos .....	38
2.3.2	Rentabilidad (VAN-TYR).....	38
2.3.3	Red de Distribución Eléctrica.....	39
2.3.4	Medidores Eléctricos Inteligentes AMI.....	40
2.3.5	Pérdidas Energía Eléctrica.....	41
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes .....	43
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>		<b>47</b>
3.1	Metodología para la definición del problema .....	48
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto. ....	49
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio .....	51
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.....	52
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados .....	54
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ .....</b>		<b>56</b>
4.1	Descripción y diagnóstico de la situación actual .....	57
4.1.1	Matriz de priorización de proyectos .....	57
4.1.2	Diagrama SIPOC .....	58
4.1.3	Mapa de proceso actual .....	59
4.2	Evaluación de la eficiencia del proceso actual .....	60
4.2.1	Revisión de resultados del método de trabajo actual.....	60
4.2.2	Evaluación de los costos de ambos métodos de trabajo .....	62
4.2.3	Análisis de los datos recolectados .....	65
4.3	DEterminacion y análisis de la causa raiz .....	66
4.3.1	Lluvia de ideas.....	66
4.3.2	Diagrama Ishikawa.....	66
4.3.3	Herramienta de los Cinco Porque' s.....	68
4.4	Propuesta de la divulgacion del proyecto .....	69
4.4.1	Project Stakeholders .....	69
4.4.2	Resguardo de la información.....	71
4.5	Propuesta de los indicadores de control.....	71
4.6	Conclusiones del capitulo de análisis .....	72
<b>CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....</b>		<b>75</b>
5.1	Diseño de la implementación de la solución .....	76
5.1.1	Mapa de Ruta del DMAIC .....	76
5.1.2	Gantt .....	77
5.1.3	Acta de Proyecto.....	78

5.2	Implementacion .....	80
5.2.1	Plan de comunicaci3n .....	80
5.3	Propuesta de la solucion .....	80
5.3.1	Mapa de proceso propuesto .....	80
5.4	Analisis econ3mico de la implementaci3n .....	81
5.4.1	Costos de implementaci3n .....	82
5.4.2	An3lisis gastos actuales y comparaci3n con el gasto propuesto.....	83
5.4.3	Calculo de los indicadores financieros VAN, TIR, TMAR y B/C .....	89
CAPÍTULO VI: Conclusiones y recomendaciones.....		94
6.1	Conclusiones .....	95
6.2	Recomendaciones .....	99
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA .....		102
Capitulo VIII: ANEXOS .....		106

## INDICE DE IMÁGENES

Figura 2.....	29
Pasos importantes para el diseño de un proceso.....	29
Figura 3.....	33
Fórmula para determinar el tamaño de la muestra .....	33
Figura 4.....	33
Las cinco etapas del DMAIC.....	33
Figura 5.....	40
Esquema de un Sistema de Distribución Eléctrica .....	40
Figura 6.....	58
Matriz de Priorización .....	58
Figura 7.....	59
Diagrama SIPOC .....	59
Figura 8.....	60
Mapa de proceso actual .....	60
Figura 9.....	67
Diagrama Ishikawa .....	67
Figura 10.....	68
Cinco Por que ‘s .....	68
Figura 11.....	70
Project Stakeholders .....	70
Figura 12.....	77
Mapa de ruta del DMAIC.....	77
Figura 13.....	78
Mapa de ruta del DMAIC.....	78
Figura 14.....	79
Acta de Proyecto.....	79
Figura 15.....	80
Plan de comunicación.....	80
Figura 16.....	81
Mapa de proceso actual .....	81
Figura 17.....	107
Ruta de implementación del proyecto .....	107
Figura 18.....	108
Cronograma de presentación del proyecto .....	108
Figura 19.....	109

Metodología MeDPE.....	109
Figura 20.....	110
Análisis de los datos del medidor totalizador.....	110

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	48
Metodología para la definición del problema.....	48
Tabla 2 .....	50
Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.....	50
Tabla 3 .....	51
Metodología para la propuesta de mejora .....	51
Tabla 4 .....	53
Metodología para la implementación del proyecto .....	53
Tabla 5 .....	54
Metodología para el control y seguimiento de resultados de la mejora .....	54
Tabla 6 .....	62
Trabajo realizado en el año 2022 para la revisión de hurtos eléctricos.....	62
Tabla 7 .....	62
Tiempo / Costo en la revisión de hurtos eléctricos año 2023 .....	62
Tabla 8 .....	63
Costo por revisión de ilícito en el año 2023 .....	63
Tabla 9 .....	64
Simulación del costo por revisión de ilícito en el año 2023 con el método MeDPE* ....	64
Tabla 10 .....	64
Simulación del costo por revisión a los sesenta mil clientes.....	64
Tabla 11 .....	82
Costo de los equipos por punto de medición.....	82
Tabla 12 .....	82
Costo de mano de obra por instalación de punto de medición .....	82
Tabla 13 .....	83
Creación de sistema informativo para interpretación de datos.....	83
Tabla 14 .....	83
Costo total del proyecto.....	83
Tabla 15 .....	84
Costo total de las pérdidas eléctricas.....	84
Tabla 16 .....	85
Calculo del costo de las perdidas eléctricas no técnicas.....	85
Tabla 17 .....	85
Comparación del costo económico de ambos métodos .....	85
Tabla 18 .....	86

Estimación de pérdidas eléctricas no técnicas para los próximos 5 años.....	86
Tabla 19 .....	88
Estimación de pérdidas eléctricas no técnicas con la mejora de implementación propuesta.....	88
Tabla 20 .....	89
Cálculo de TMAR sin financiamiento.....	89
Tabla 21 .....	90
Cálculo de TMAR con financiamiento.....	90
Tabla 22 .....	91
Calculo VAN y TIR.....	91
Tabla 23 .....	92
Análisis Costo/Beneficio .....	92

## **ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

AMI: Advanced Metering Infrastructure.

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

DMADV: Define, Measure, Analyze, Design, Verify (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar).

EEYAP: Energía Eléctrica y Alumbrado Público.

ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

kWh: Unidad de medida que expresa la relación entre potencia y tiempo.

MeDPE: Metodología de Detección de Perdidas Eléctricas.

## RESUMEN

Brenes, Estrada, A. (2024) Implementación de una reestructuración para mejorar la metodología utilizada para la revisión de hurtos eléctricos en el proceso de Pérdidas Eléctricas de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. para el segundo semestre del 2024. Para optar por la licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana, Heredia. Tutor Edwin Vargas León.

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. actualmente mantiene una cantidad considerable de pérdidas económicas atribuibles al hurto eléctrico, esto no se ha podido disminuir a lo largo de los años. La metodología que se utiliza para la detección del hurto eléctrico es la misma a lo largo de los últimos 30 años, lo anterior que impide que se pueda localizar la cantidad de hurtos que se dan actualmente, debido a que las personas que practican esta actividad utilizan otros métodos más sofisticados para este fin; por lo tanto, las metodologías de hurto eléctrico han avanzado tecnológicamente, pero las técnicas de revisión para localizarlos son las mismas que utilizan desde siempre y no se han renovado, provocando que la cantidad de hurtos detectados sea cada menos eficiente.

Según lo mencionado en el párrafo anterior, eso ha causado una falsa percepción que estén disminuyendo los hurtos, pero el indicador que se maneja de pérdidas eléctricas en la empresa ha mostrado un comportamiento similar en los últimos años.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo establecer una forma novedosa en cuanto a la metodología de trabajo y el uso tecnológico. Con lo anterior se pretende crear una visión de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia como una empresa de vanguardia en la implementación de soluciones eficientes, reales y de frente a los retos actuales.

La implementación de esta nueva metodología de trabajo llevara a un planteamiento de cambio en la forma como se ha venido realizando a lo largo de muchos años atrás, la cual ha pasado a ser algo del pasado ya que los cambios tecnológicos llevan retos novedosos. Este proyecto plantea una metodología de trabajo que se le llamo MeDPE, lo cual sus siglas significan: “Metodología de Detección de Perdidas Eléctricas”. Esta metodología novedosa pretende modernizar la forma en la que se detectan los hurtos de electricidad, lo cual actualmente es conocido como “Perdidas Eléctricas No Técnicas”.

Esta nueva metodología de trabajo a lo largo del proyecto, se ha logrado comprobar que es sumamente confiable, muy eficiente y de la mano con el avance tecnológico, eliminando el sistema actual, que contaba con altas carencias de confiabilidad y eficiencia.

Este proyecto tiene un beneficio económico para la empresa, el cual la implementación del proyecto con el análisis costo/beneficio tiene una recuperación de 3 años o antes y el resto de años serian ganancias o costo evitado de pérdidas por hurto las cuales se detallan en las diferentes tablas económicas adjuntas en el proyecto, adicional el mismo tiene muchas otras bondades que no se cuantificaron, ya que se evitan inspecciones innecesarias, desplazamiento de personal que genera gastos, aprovechamiento del personal en tareas que generen más valor a la empresa. Esta metodología MeDPE tiene muchas ventajas adicionales que con el pasar del tiempo y la maduración en conocimiento van a ir generando mayores aportes económicos a la empresa.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Esta es una investigación que se llevará a cabo en la ESPH, en la cual se está utilizando una metodología obsoleta que no tiene capacidad para identificar con certeza la cantidad de hurtos eléctricos que se cometen. En consecuencia, se presentará como solución una propuesta de implementación de una metodología novedosa y tecnológica que permita tener claridad en la detección de los hurtos eléctricos que estén presentes en la red de distribución eléctrica de la ESPH y a su vez permitirá una detección casi inmediata a que se dé el acto.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

La ESPH es una empresa Sociedad Anónima de utilidad pública y plazo indefinido, a cargo de los servicios públicos que se mencionan a continuación:

Captación, tratamiento y distribución de agua potable.

Operación del servicio de hidrantes.

Generación y distribución de energía eléctrica.

Captación y tratamiento (saneamiento) de aguas residuales.

Cobertura del servicio de luminarias.

La institución brinda servicios públicos a más de 100 000 clientes ubicados en los cantones de San Rafael, San Isidro, Heredia y en algunos sectores de los cantones de Barva, Flores y San Pablo de Heredia de la República de Costa Rica. (Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. [ESPH S.A.], 2020a)

Dichos servicios se encuentran regulados por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica pero recientemente, la ESPH S.A. ha incursionado en la prestación de servicios no regulados, relacionados a las infocomunicaciones a través de la marca IBUX.

**Figura 1**

*Organigrama general de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia*



Fuente: (E.S.P.H. S.A., 2020b)

**Misión:**

Somos una empresa que brinda servicios de calidad en el sector de agua, energía, saneamiento, infocomunicaciones y otros, que aporta valor y desarrollo a la sociedad mediante la mejora continua de su gestión.

**Visión:**

Ser una empresa competitiva a nivel nacional por los servicios que brinda.

**Valores:**

Respeto.

Compromiso.

Responsabilidad.

Solidaridad.

Honestidad.

**Propósito ESPH S.A:**

Desarrollo inteligente para su bienestar.

Propuesta de Valor:

Trabajamos para alcanzar nuevos retos por medio de una nueva estrategia empresarial, la cual abre las puertas a la competitividad y el crecimiento de nuestro compromiso con el cliente ofreciendo servicios de calidad y continuidad.

Nuestro compromiso con el cliente es brindar servicios con calidad y continuidad.

(ESPH S.A., 2020c)

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el mundo entero el tema de las pérdidas eléctricas no técnicas o hurto eléctrico adolece a todos los países, sin importar su nivel de potencia y el poder adquisitivo o la facilidad para conseguirlo por parte del habitante. El hurto es algo que se convierte en muchas ocasiones una forma de protesta o disconformidad con el estilo de vida que tienen y que lleva a las personas a realizar este tipo de actos delictivos.

En el estado de Texas este problema es un hecho real y va creciendo, por ejemplo en el año 2010 con la oleada de calor en Houston, el robo de electricidad incrementó excesivamente debido a que muchas personas querían reducir los altos costos que resultan de las altas temperaturas debido al uso excesivo del aire acondicionado, por esta razón la utilidad de Centerpoint encargada del área de Houston creó una unidad especial de detención de Robo de Electricidad y decidieron aplicar la instalación de medidores inteligentes para la prevención de estos hechos. (Electricity Express, 2017)

En Suramérica muchos de los países que los conforman tienen un gran potencial económico y varios en algunas ramas son potencias mundiales o se encuentran dentro de los primeros puestos en la vanguardia de la eficiencia, logrando fuerte generación de

divisas, lastimosamente aquejan con gran pesar el tema del hurto eléctrico. Colombia es uno de los países pioneros en temas eléctricos de eficiencia energética, busca estar en la vanguardia con la tecnología eléctrica pero no se escapada del problema del alto índice del hurto eléctrico.

ENEL Colombia informó que, durante 2022, recibió 4.000 reportes por hurto de energía en Bogotá y Cundinamarca. El robo para ese año fue de 230 GWh/año, lo que equivale al consumo mínimo vital de energía eléctrica de Chía, Zipaquirá y Cajicá durante un año, lo que se traduce a aproximadamente 145000 hogares. (Tiempo, 2023)

En Costa Rica el hurto eléctrico aqueja de gran forma a las empresas eléctricas del país, los esfuerzos también han llegado hasta a tratarse en la Asamblea Legislativa de Costa Rica, dejando en claro el grave problema que genera el hurto de electricidad y sus elementos afines, que se vuelven parte de las personas que comenten los delitos.

Según lo que se indica en el extracto del texto a continuación, el plenario ha dado un rotundo apoyo para tipificar el tema del hurto eléctrico como un delito.

El Plenario de la Asamblea Legislativa aprobó este martes, en segundo debate, un proyecto de ley para castigar con cárcel el robo de cableado eléctrico, telefónico, de cable, de telecomunicaciones o Internet, así como los dispositivos de seguridad en acueductos y señalamiento o seguridad vial y ferroviaria.

Se trata del expediente 22.816 propuesto por la ahora exdiputada Franggi Nicolás Solano del Partido Liberación Nacional, y que recibió 45 votos a favor y 0 en contra en la votación final previa a su firma como Ley de la República.

El proyecto dispone que se considerará hurto agravado, castigado con cárcel de 1 a 10 años dependiendo del valor de lo sustraído, sustraer cualquier cosa vinculada a la prestación de un servicio público cuando, por el lugar en el que se encuentre, esté

destinado al servicio, a la utilidad o la reverencia de un número indeterminado de personas.

La reforma aprobada también incluye una sanción de 3 a 5 años de cárcel a la persona que adquiera, reciba o esconda los elementos que fueron hurtados, o intervenga en su adquisición, recepción u ocultación.

Además, se agrega un nuevo delito al Código Penal para castigar con cárcel de 6 meses a 4 años a las personas que reciban cosas o bienes que, de acuerdo con las circunstancias, debía presumir que provienen de la comisión de un delito. Si se trata de cableado, dispositivos de seguridad de acueductos, señalamiento vial o ferroviario, la pena será de 4 a 6 años de cárcel.

A agosto de 2020 el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) contabilizaba pérdidas de ₡1292 millones de colones por robo de cable de telecomunicaciones en todo el país. (Madrigal, 2022)

En la ESPH S.A el tema del hurto eléctrico presenta una metodología obsoleta para la detección de estos ya que es el mismo procedimiento que se tiene desde hace más de 30 años y la forma en que las personas que realizan los actos delictivos, han ido evolucionando con la tecnología y se han modernizado, llevando a la tecnología como un aliado en los hurtos.

Esta situación problemática se presenta porque la metodología que se usa en la revisión de los hurtos es obsoleta y debe darse una reestructuración en el proceso de revisión para que este vaya de la mano con el avance tecnológico y sea un aliado para la detección de los hurtos.

Si esta problemática continuara lo que va a pasar es que los hurtos se incrementarían de forma drástica y esto conllevaría a pérdidas económicas severas para la empresa por el rubro de los hurtos, lo cual por la legislación del país, éstas irían repercutiendo en un alza

en las tarifas eléctricas, generando un detrimento en la calidad de vida de los usuarios, ya que estos costos, se diluyen a toda la población tanto residencial, industrial y comercial; lo cual, también afecta la imagen del país a nivel internacional por los altos costos de la electricidad.

En este estudio se dará como aporte una propuesta de implementación de reestructuración en el proceso de las revisiones de los hurtos, con el objetivo de lograr identificar los hurtos que actualmente están implementando con la ayuda de la tecnología y obteniendo una confiabilidad muy alta en la detección, con esto se lograría una mayor eficiencia en el proceso de revisión de hurtos que actualmente aqueja a la empresa y por ende un rédito económico inmediato a la ESPH S.A. por los hurtos que se estarían eliminando y cobrando.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar la implementación de una reestructuración mediante la mejora de la metodología utilizada para mejorar la eficiencia en la revisión de hurtos eléctricos en el proceso de Pérdidas Eléctricas de la ESPH.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Definir las etapas de los procesos involucrados en la revisión de los hurtos eléctricos para evidenciar la ineficiencia en la metodología de trabajo actual.
- Recopilar información de las actividades del proceso e identificar los trabajos y costos asociados a la operación en la revisión de hurtos eléctricos para documentar las mejoras que se planteen.
- Analizar el diagnóstico situacional de la metodología actual de trabajo mediante la causa raíz en la detección de hurtos eléctricos.

- Implementar un plan de acción que proponga herramientas o guías específicas que ayuden a generar una metodología de trabajo nueva, para eliminar la ineficiencia en la revisión de hurtos eléctricos.
- Controlar de forma adecuada los indicadores establecidos que permitan una alerta anticipada en caso del aumento de las Pérdidas Eléctricas no Técnicas debido al hurto de electricidad.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

- El alcance del proyecto se divide en cuatro diferentes áreas, en las que se abarcan el tiempo, espacio, sociedad y metodología. A continuación, se detallan:
- Temporal, este estudio se realizará entre los meses de octubre del año 2023 a mayo del año 2024.
- Geográfico, el estudio se realizará en todo el sector de servicio de la ESPH S.A. que cuente con medidores inteligentes.
- Social, se trabajará con el proceso de pérdidas eléctricas, lo cual se encarga de erradicar con gran énfasis el hurto eléctrico por los daños que esto provoca a la sociedad.
- Metodológico, se buscará mejorar la eficiencia en el proceso de la detección de hurtos eléctricos de la ESPH S.A.

### **1.5.2 Limitaciones**

Una situación que es limitante en este estudio es la cantidad de equipos para monitoreo, los cuales son los que se utilizan en los sectores para poder realizar el análisis del hurto. En este momento se disponen de 10 equipos de los cuales se deben estar trasladando en los

diferentes sectores para poder muestrear y con ellos verificar la existencia o no de los hurtos eléctricos.

Adicional, otra limitación para el estudio es el personal de apoyo para las pruebas tiene limitaciones de tiempo, ya que debe ejecutar las labores que tenga asignadas según la carga de trabajo diaria.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

Este capítulo consiste en una síntesis, producto de la lectura y revisión de conceptos provenientes de diversas fuentes que constituye un conjunto de conocimientos ya existentes, para situar el problema y fundamentar el resultado producto del análisis de las diferentes herramientas de la ingeniería industrial.

La ingeniería industrial busca de forma constante la manera de mejorar los procesos o las formas en las que se realizan normalmente para obtener siempre procesos más optimizados y eficientes.

El énfasis de estos métodos se basa en la aplicación de la mejora continua; por ejemplo, el Ciclo de Deming, constituido por cuatro acciones: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, y se trabaja de forma constantemente sobre este para crear un proceso cíclico virtuoso. Otro ejemplo es el caso de este estudio, que se basa en la metodología DMAIC, que igualmente es un ciclo de trabajo, está constituido por estos pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

### **2.1.1 Ingeniería de métodos**

Hodson (2002) en su libro nos define que:

La ingeniería de métodos es la técnica que somete a un profundo análisis a cada operación de determinada parte del trabajo, con el fin de eliminar todas las operaciones innecesarias para acercarse al método mejor y más rápido de desempeñar cada método estándar. (p. 22)

Como se indica en la definición anterior el ingeniero industrial debe estar en la búsqueda constante de aporta a la mejora en los métodos de trabajo que se implementan para buscar la optimización en los recursos empleadas para cada operación en el trabajo.

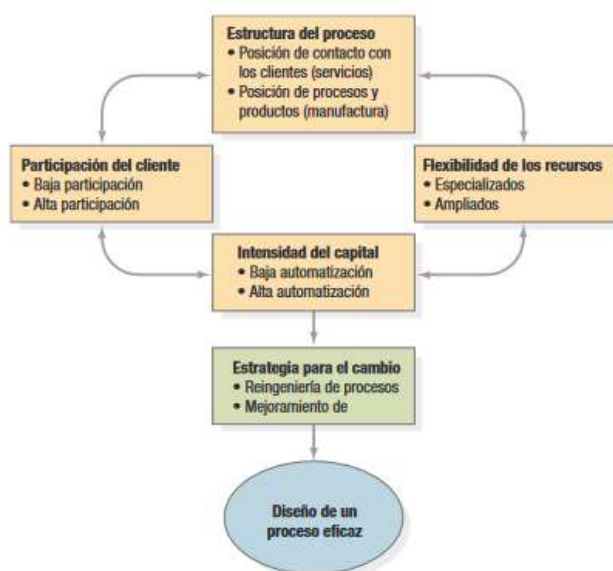
### 2.1.2 Procesos

Los procesos en las empresas son fundamentales, debido a que estos proporcionan una estructura en las organizaciones para llegar a uno de los principales objetivos que es la eficiencia en su desempeño. Krajewski et al. (2008) afirma que:

Un proceso implica el uso de los recursos de una organización para producir algo de valor. Ningún servicio puede prestarse y ningún producto puede fabricarse sin un proceso, y ningún proceso puede existir sin un servicio o producto por lo menos.  
(p.121)

**Figura 2**

*Pasos importantes para el diseño de un proceso*



Fuente: (KRAJEWSKI et al., 2008)

### 2.1.3 Mejora continua

Carrera et al. (2019) afirman que:

La excelencia ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de los recursos, de las relaciones con el público, entre los miembros de la organización, con la sociedad y cuanto se le

ocurra a la organización, que pueda mejorarse en dicha organización, y que se traduzca en una mejora de la calidad del producto o servicio que prestamos. (p. 35)

#### **2.1.4 Six Sigma**

Carrera et al. (2019) indican que:

Six Sigma es una metodología basada en la mejora continua de los procesos, que se centra en reducir, eliminar los defectos o fallos en los mismos, buscando satisfacer las necesidades del cliente. Este modelo de gestión de calidad también es conocido como DMAIC (Define, measure, analyze, improve and control, en castellano, definir, medir, analizar, mejorar y controlar), y consiste en aplicar, en cada proceso. Es decir, todo lo que se puede medir se puede controlar, todo lo que se puede controlar se puede mejorar. (p. 44)

#### **2.1.5 Reingeniería**

Los cambios importantes en las empresas deben evaluarse de forma muy detallada para que realmente se puede valorar si ese cambio es válido, ahora con más razón cuando se quiere realizar un impacto importante en la empresa ya que esta es candidata para aplicar la reingeniería y que se cumpla con las pautas que menciona el autor en la cita a continuación. Bravo (2009) comenta que:

Toma palabras del Presidente de AT&T y dice: “queremos reinventar la empresa para el cliente”. Luego, señala que la reingeniería abarca todo el negocio, porque también significa un cambio en las actitudes y habilidades de las personas; así como en la estructura organizacional y la tecnología. También agrega que tiene que estar referida a procesos; sobre este aspecto pone mucho énfasis porque, dice, los programas que no tocan los procesos no son reingeniería. Dice que la palabra reingeniería ha sido utilizada para nombrar cualquier cosa y da algunas pautas para reconocer un verdadero proyecto de reingeniería: tiene que estar referido a procesos

y lograr mejoras dramáticas; por ejemplo, 56% de reducción en los costos, 73% de mejoramiento en la satisfacción del cliente y 80% de reducción de tiempo en el ciclo de diseño y fabricación de productos (según una estadística con los resultados de verdaderos proyectos de reingeniería en el último tiempo). (p.94)

### **2.1.6 Evaluación de proyectos**

Sapag & Sapag (2008) señalan que un proyecto surge como respuesta a una “idea” que busca la solución de un problema, con la evaluación de esta idea debemos ser muy neutrales sin importar la procedencia de esta, lo anterior con el objetivo de poder realizar una evaluación previa y tener en cuenta todos los pros y contras, ya que de eso dependerá que llevemos a andar el proyecto. Realizando las inversiones iniciales para poder incorporar una etapa de evaluación ya que paso el filtro depurativo de evaluación previa.

### **2.1.7 Sistemas de control**

Koontz et al. (2008) afirman que:

Las técnicas y los sistemas de control son en esencia los mismos para controlar el efectivo, los procedimientos administrativos, la ética organizacional, la calidad del producto y cualquier otra cosa. El proceso de control básico, en cualquier lugar y para lo que sea que se controle, incluye tres pasos: 1. Establecer estándares. 2. Medir el desempeño contra estos estándares. 3. Corregir las variaciones de los estándares y planes. (p.496)

El objetivo que exista un control es fundamental para poder analizar el rumbo que tiene la empresa y las acciones que de deba tomar a futuro, ya sean de corrección, inversión o mejora continua, entre tantas otras acciones que se deben tomar. Pero como se indica en la cita del libro sin ese control y el establecimiento de pasos las decisiones que se toman puede ser las menos acertadas.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **2.2.1 Población y muestra**

Las variables estadísticas es uno de los apartados más importantes en la estadística, dentro de esta sección de variables se encuentra la población y la muestra, la cual se citan para que sus concepto y aplicación queden abordadas de forma correcta. Adicional esta aplicación se utilizará para poder realizar un muestreo que será necesario elaborar en el proyecto.

Gorgas et al. (2011). En esta cita nos afirman que:

Se denomina población al conjunto completo de elementos, con alguna característica común, que es el objeto de nuestro estudio. Esta definición incluye, por ejemplo, a todos los sucesos en que podría concretarse un fenómeno o experimento cualesquiera. Una población puede ser finita o infinita. Cuando, aunque la población sea finita, su número de elementos es elevado, es necesario trabajar con solo una parte de dicha población. (p.11)

Los autores Gorgas et al. (2011) nos dicen que: “Al número de elementos de la muestra se le llama tamaño de la muestra. Es fácil adelantar que para que los resultados de nuestro estudio estadístico sean fiables es necesario que la muestra tenga un tamaño mínimo”. (p.12)

En este proyecto aplicaremos los conceptos de población y muestra para poder obtener una de las partes necesarias para realizar el cronograma de trabajo, ya que la ruta de trabajo la obtendremos mediante la siguiente formula estadística:

**Figura 3**

*Fórmula para determinar el tamaño de la muestra*

$$n = \frac{Z^2 p q N}{E^2 x (N - 1) + Z^2 x P x q}$$

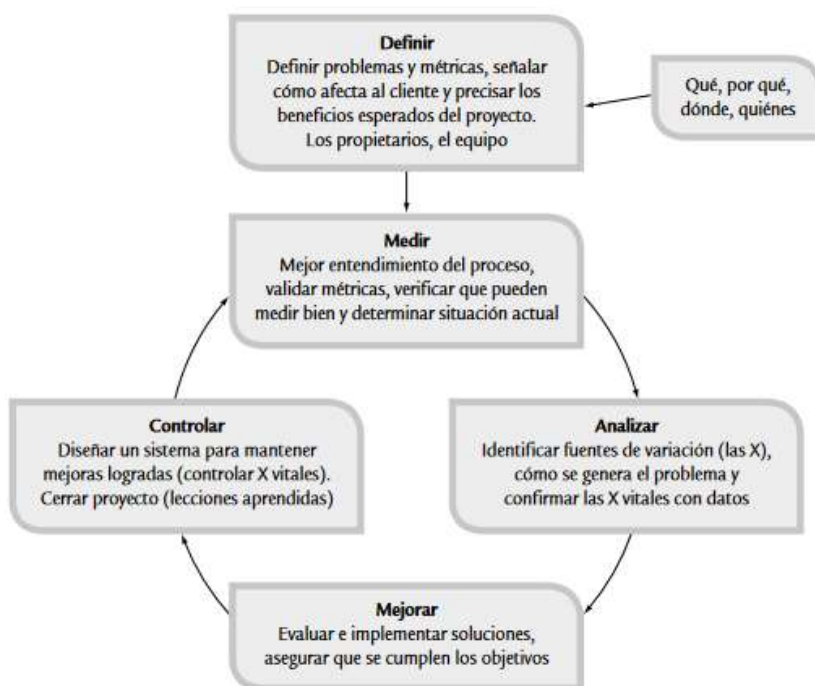
Fuente: (Instituto Nacional de Aprendizaje [INA], s.f.)

### 2.2.2 Metodología DMAIC

Esta metodología es la base en la cual se fundamentará este proyecto y se utilizarán las herramientas que tiene disponibles a lo largo de cada etapa según corresponda. DMAIC es una metodología robusta que sigue una hoja de ruta para lograr el éxito en el proyecto, cada una de las letras tiene su significado y las herramientas correspondiente que se deben utilizar según la etapa y el tipo de proyecto en que se trabaje. En la imagen siguiente se observa el orden de los pasos y el significado detallado de cada una de las etapas, lo cual da un panorama claro de sus ventajas y como se debe utilizar.

**Figura 4**

*Las cinco etapas del DMAIC*



Fuente: (Gutiérrez & de la Vara, 2009)

### **2.2.3 Definir**

La etapa de definir es crítica ya que de esto se obtienen los insumos y la claridad para poder avanzar adecuadamente en la evolución del proyecto que se realice. Se citarán las herramientas que se consideran más óptimas para la elación de este primer punto del proyecto. “En esta primera etapa se clarifican el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto” (Gutiérrez & de la Vara, 2009, p. 452).

Este es el punto inicial del proyecto, ya que se debe entender el problema y si es realmente un problema que tenga el alcance para un proyecto de graduación o si es un problema que se resuelva mediante una metodología más sencilla y rápida de implementar como la metodología SMART. En este inicio de la clarificación del problema se debe tener claro el síntoma, las raíces y el impacto financiero, para resolver lo anterior descrito, se utilizarán herramientas que ayuden a tener una guía con los criterios estratégicos, los objetivos y alcances del proyecto.

En esta etapa se utilizarán herramientas como:

- Project Charter
- Diagrama SIPOC
- Análisis de stakeholders
- Diagrama de Gantt
- Plan de comunicación
- Metodología SMART

### **2.2.4 Medir**

Gutiérrez & de la Vara (2009) afirman que: “En esta etapa se entiende con mayor detalle el proceso, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas y se establece la línea base.” (p. 452).

En esta segunda etapa de la metodología se debe realizar la medición del estado en el que está el problema sin haber implementado ninguna herramienta de mejora antes, para que los datos sean los correctos, adicional a esto importante es tener la línea base de la métrica del problema.

Para realizar todo el proceso de medición se debe solicitar en la empresa el histórico de datos que tengan para poder realizar la correcta depuración y validar la calidad de los mismos, verificar que mediciones previas se deben establecer, plan de recolección de estos.

En esta etapa el mapeo del proceso y la planificación del muestreo es fundamental, por ende, se debe tener clara la población y muestra con la que se va a trabajar, e indicar por qué las decisiones de muestreo que serán empleadas.

En esta etapa se trabajará con herramientas como:

- Métricas de desempeño
- Plan de muestreo
- Definición de variables
- Hoja de verificación
- Plan de recolección de datos
- Análisis de datos
- Utilizar el base line

### **2.2.5 Analizar**

El orden y cuidado del paso anterior con respeto a la recolección de datos, da la oportunidad de llegar a esta etapa de la metodología con una cantidad de información valiosa que permitirá ejecutar ese análisis lleno de valor, donde los datos recopilados y la correcta identificación de los problemas para poder llegar a la siguiente etapa de la metodología (Ben, 2018).

Gutiérrez & de la Vara (2009) comentan que: “En esta etapa se identifican las variables X potenciales que están influyendo en los problemas de Y, ya que a partir de esto es posible identificar las pocas X vitales” (p. 458).

En esta etapa de la metodología se utilizarán herramientas como:

- Lluvia de ideas
- Diagrama Ishikawa
- Pareto
- Análisis de causa raíz
- 5 WHY, s
- Plan de verificación de causas

#### **2.2.6 Mejorar**

Ben (2018) nos señala que: “Innovar para determinar soluciones potenciales y aplicarlas posteriormente a pequeña escala, es fundamental para ver si efectivamente se mejora el rendimiento del proceso” (p. 10).

A estas alturas del proyecto se deben crear las soluciones, para poder implementar las acciones de mejora, realizando las pruebas piloto y verificando los resultados.

Para implementar la mejora se puede utilizar un formulario de plan de acción, también una descripción de la solución plasmada en otro formulario, algunas de las herramientas que se utilizaron en las etapas anteriores se pueden utilizar nuevamente.

Para implementar la mejora es necesario utilizar herramientas como:

- Lluvia de ideas para evaluar las ideas de mejora o resultados
- Formulario del plan de acción
- Realizar tabla de reporte de mejoras
- Validación de mejoras
- Formulario de identificación de mejora

### **2.2.7 Controlar**

Gutiérrez & de la Vara (2009) comenta que: “En esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Las acciones de control se dan en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo” (p. 464).

En esta etapa de cierre del proyecto el autor citado menciona tres niveles en el control los cuales son fundamentales, para ejercer ese monitoreo de la mano con una estructura formal y definida, que permita tener a la mano cómo se va comportando la mejora realizada y permitirá ajustes de una manera más sencilla, con el debido respaldo documental que fundamente la toma de decisiones.

Para poder dejar implementada la mejora con los controles necesarios se deben utilizar herramientas como:

- Estandarización de métodos
- Ahorros finales VAN/TIR
- Gráficos de control
- Hoja de estándar de trabajo
- Hoja de estándar de proceso
- Hoja de plan de control
- Project Charter de cierre

## **2.3 EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

Este capítulo que es para los conceptos del proyecto va a permitir dejar claro detalles que no son de la metodología de la solución, si no, que pertenecen propiamente a detalles técnicos del mismo.

La implementación de la solución identificada como parte de este proyecto de investigación permitirá una reducción esperada del 1% en la recuperación de las pérdidas

eléctricas no técnicas. Se estimará en base a lo que se obtenga del muestreo que se realizara al inicio del proyecto, para proyectar la probabilidad de conexiones ilícitas que tiene la ESPH en este momento.

### **2.3.1 Análisis efectividad de costos**

Koontz et al. (2008) Afirman que: Una mejoría o variación del análisis marginal tradicional es el análisis de costo efectividad o análisis costo-beneficio, que busca el mejor índice entre el costo y el beneficio; lo que se traduce en, por ejemplo, encontrar la forma menos costosa de llegar a un objetivo u obtener el mayor valor de un gasto determinado. (p. 159)

En este análisis de costo beneficio no solo se va a expresar en términos de tasas de retorno, también se debe tomar en cuenta beneficios sociales, ambientales u otras factoras que no sean financieros, como se puede leer en este análisis, tiene un enfoque amplio y no se limita como es la rentabilidad.

### **2.3.2 Rentabilidad (VAN-TYR)**

(Ramírez, 2021) VAN y TIR son dos conceptos que, aunque muy similares entre sí mantienen diferencias que los identifican y a la vez los complementan para cumplir su función. Esta función consiste en determinar el beneficio y la rentabilidad que todo nuevo proyecto nos reportará, una vez hecha la inversión. Con el análisis de parámetros como flujo de caja y términos de tiempo, estos dos indicadores nos darán una importante visión de las posibilidades de éxito del nuevo proyecto.

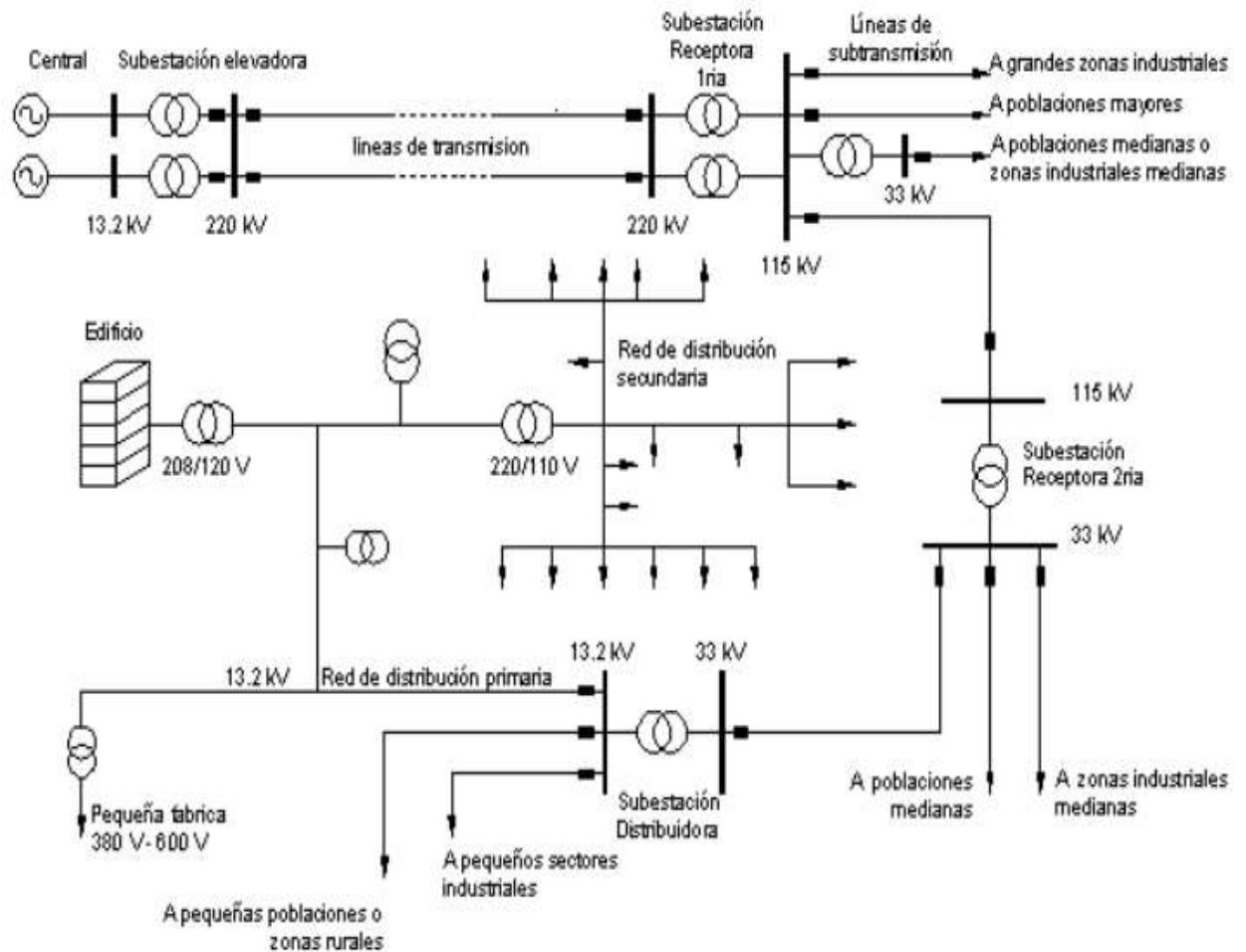
El proyecto tendrá dentro de su último capítulo el cálculo del VAN y TIR para poder entregar el resultado de la eficiencia financiera y la capacidad de generar el redito con la implementación de las mejoras que emerjan del proyecto.

### 2.3.3 Red de Distribución Eléctrica

A continuación, se detallará de forma breve como está compuesta una red eléctrica, este término se incorpora ya que es necesario tener un pequeño panorama de esto, ya que el contexto del problema se genera en la red de distribución, por eso la importación de poner en contexto al lector.

Ramírez (2004) afirma que:

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos. Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de distribución (Gigante Invisible), lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño y construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja, pero de gran trascendencia. Nótese que es en esta parte donde se producen los porcentajes más grandes de pérdidas de energía en todas sus manifestaciones debido al gran volumen de elementos que lo conforman, y a los bajos niveles de tensión que se manejan.

**Figura 5***Esquema de un Sistema de Distribución Eléctrica*

Fuente: (Ramírez, 2004)

### 2.3.4 Medidores Eléctricos Inteligentes AMI

Los medidores con tecnología “AMI” (cuyas siglas en español significan:

“Infraestructura de Medición Avanzada”), permiten la lectura remota del consumo de servicios eléctricos, monitoreo de eventos de la red, niveles de tensión, alarmas de los medidores, conexión y desconexión remota, entre otras variables a controlar o medir.

La tecnología de estos sistemas de medición permite reconfiguraciones de muchos parámetros, actualización remota de variables internas, así como el “firmware” de

comunicaciones, y al mismo tiempo garantiza la funcionalidad de la red permitiendo esté intacta y sin pérdida de datos de medición.

Este medidor proporciona soporte avanzado para interrupciones y restablecimiento del suministro, mejorando la capacidad de la empresa para identificar rápidamente el alcance de las interrupciones y recibir avisos de restablecimiento, y al mismo tiempo permite el análisis de los índices de interrupción. (Compañía Nacional de Fuerza y Luz [CNFL], 2023).

Se define en este marco conceptual sobre los medidores inteligentes AMI, ya que estos son la herramienta que se utilizara en campo y la que suministrara los datos, ya que sin estos no se tendría el insumo para el análisis y evaluación de la propuesta. Adicional en el texto se menciona que son medidores inteligentes o de avanzada, porque si fueran medidores con una tecnología inferior estos no se podrían analizar ya que sin datos un análisis no tendría gran relevancia, ya que obtendríamos datos planos y con falta de parámetros para realizar comparativas de tiempo y dimensión.

### **2.3.5 Pérdidas Energía Eléctrica**

Las pérdidas de energía se dividen normalmente en pérdidas técnicas y en pérdidas no técnicas. Las pérdidas conocidas como técnicas a su vez pueden dividirse en fijas y variables, siendo las pérdidas técnicas fijas las referidas a la magnetización y establecimiento del campo eléctrico necesario para iniciar la generación o el trasiego de la corriente eléctrica. Por su parte, las pérdidas técnicas variables son aquellas asociadas a aspectos ambientales (temperatura, velocidad de viento, etc.), cantidad de energía trasegada, sobrecargas, fallas, etc. Es decir, este segundo tipo de pérdidas ya empiezan a tener relación directa con la gestión operativa.

Por otra parte, las pérdidas no técnicas por lo general se asocian a 5 posibles causas que normalmente son parte de los temas que deben gestionar las empresas de manera integral. A saber:

- **Energía eléctrica no contabilizada o no facturada:** Esto normalmente se debe a errores en la cuantificación de consumos como servicios propios, servicios comunes, alumbrado público, etc., lo cual no se contabiliza con medición, sino que se procede a estimarlo en el mejor de los casos.
- **Problemas de gestión en la medición:** La existencia de equipos de medición deficiente o inexacto, la inadecuada gestión de los registros de los clientes y los errores en la contabilización de los consumos son parte de estas posibles pérdidas no técnicas.
- **Alta morosidad y no pago de deudas:** Desde un punto de vista contable, el no pago de la factura mensual de energía eléctrica con morosidad mayor a 3 meses, normalmente implica una provisión por incobrables, que se traduce en un aumento de las pérdidas no técnicas (desmejora en resultados financieros). Esto es un problema de gestión por la baja capacidad de cobro de las empresas.
- **Fraude:** Se refiere a la intervención y/o modificación de los equipos de medición y acometida eléctrica con el objetivo de reducir la facturación mensual por parte del cliente. Normalmente este es también un problema de gestión ya que las empresas no son eficientes ni oportunas en detectar los fraudes.
- **Robo:** Es el uso de la energía eléctrica mediante conexiones informales o ilegales, no medidas ni registradas. (Jara, 2022, p. 1)

La explicación detallada que nos regala el autor del documento citado, hace una clara referencia al problema que aqueja a las empresas del sector eléctrico en la región que

comprende la CECACIER que es una organización no gubernamental que reúne a las empresas del sector energético de Centroamérica y el Caribe.

En este proyecto trabajaremos enfocados en disminuir las pérdidas eléctricas no técnicas en la ESPH S.A., mediante la reestructuración de la metodología de trabajo que se ha venido implementando desde mucho tiempo atrás para tratar el tema de las pérdidas no técnicas o también conocidas como hurto eléctrico, con esto, se implementará una nueva metodología de trabajo la cual consiste en la detección de pérdidas eléctricas basadas en el análisis de las curvas de carga de los clientes y la comparación de un medidor totalizador de consumo, la cual se seguirá mencionando en este proyecto con el nombre que se le asigno que es MeDPE, que quiere decir: “Metodología de Detección de Perdidas Eléctricas”.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES**

Los proyectos que se van a citar a continuación tienen temas con cierta relación al presente proyecto, se tomaron en cuenta como una guía metodológica que sea de ayuda al autor y al mismo lector sobre los enfoques que se dan a las variables del proyecto que son la reestructuración y mejora metodológica de trabajo enfocadas en el problema de las perdidas eléctricas no técnicas o el hurto eléctrico.

Entre los proyectos relacionados se encuentran:

El primero de los antecedentes encontrados es de (Romero Gaibor, 2017) con la investigación que se titula como:

“Implementación de un prototipo de medidor de energía residencial considerando las pérdidas no técnicas por hurto”.

El autor del proyecto tiene como objetivo general del estudio la implementación y desarrollo de un prototipo electrónico inteligente de medición del consumo eléctrico que

tenga la capacidad de detectar pérdidas no técnicas por hurto de energía eléctrica en las acometidas.

Dentro de las conclusiones del proyecto se resaltan:

- A. Mediante la tecnología como medio de comunicación, el prototipo del medidor es capaz de reconocer fraude o hurto de energía tanto en la acometida como dentro del medidor, adicional permite observar valores de voltaje, corriente y el consumo de la energía.
- B. La infraestructura de medición es confiable, ya que no presenta error para las mediciones de consumo eléctrico, asegurando la detección correcta de pérdidas no técnicas por hurto de energía.
- C. Se demostró que los sensores de corriente pueden tomar lecturas en distancias variables de hasta 30 m sin presentar alteración en sus medidas.
- D. El costo de pérdidas no técnicas por hurto en la ciudad de Riobamba es de \$ 964.016.00 anual. Por cada medidor anualmente se pierde \$ 24, en un tiempo de 10 años se cubrirá el valor del prototipo.

El segundo de los antecedentes encontrados es de (Saldívar, 2018) con la investigación que se titula como: “Estudio de niveles de eficiencia en transformadores de distribución en función del perfil de carga”. El autor del proyecto tiene como objetivo general del estudio obtener las pérdidas en vacío y con carga del transformador de distribución, el potencial de ahorro, las opciones tecnológicas para la mejora, y una comparación de algunos de los programas de eficiencia a nivel mundial.

Dentro de las conclusiones del proyecto se resaltan:

- A. Demostró que mediante el análisis de los niveles de carga reales en los transformadores de distribución con la infraestructura de medición automatizada

proporciona información de consumo de los usuarios permitiendo realizar los análisis para operar sus redes de una forma óptima.

- B. Por el incremento en los niveles de eficiencia se podrá realizar la reducción de pérdidas en la ecuación el factor de carga real.
- C. Mediante el análisis del grupo de trabajo de IEEE con el factor de carga real se debe considerar como un elemento más al definir nuevos valores de eficiencia en el país.

El tercero de los antecedentes encontrados es de (Quishpe & Tapia, 2010) con la investigación que se titula como: “Análisis técnico – económico de las formas más comunes de contravenciones en el consumo de energía eléctrica”. El autor del proyecto tiene como objetivo general del estudio realizar un análisis técnico-económico de las contravenciones más comunes en los circuitos eléctricos de la empresa EERSSA, y sobre este determinar las consecuencias técnicas y económicas para la empresa.

Dentro de las conclusiones del proyecto se resaltan:

- A. Se evidencia mediante el muestreo que el 80,43% son medidores en buen estado, mientras que el 19,57% son medidores con alguna novedad, concluyendo que la EERSSA posee un porcentaje considerable de medidores que deberían ser cambiados, para de esta manera obtener un mejor beneficio económico.
- B. Determino que la forma de contrastación de los medidores de energía eléctrica se realiza mediante el uso de contrastadores portátiles, lo cual ayuda a mejorar la precisión al momento de la toma de valores de parámetros y simplificar de esta manera el cálculo manual que se hacía anteriormente.
- C. El beneficio económico total del total de los medidores de la muestra es de \$38.914,44 y los costos totales \$4.906,63, concluyendo que el realizar una revisión

a los medidores que se encontraban con novedad y posteriormente cambiarlos, se obtuvo un beneficio alto en relación al costo que generó el cambio del medidor.

- D. El cuarto de los antecedentes encontrados es de (Sánchez, 2017) con la investigación que se titula como: “Sistema De Redes Eléctricas Antifraudes En Una Empresa Distribuidora De Energía”.

El autor del proyecto tiene como objetivo general del estudio realizar un análisis de las medidas a desarrollar para la reducción de las pérdidas de energía eléctrica en el circuito, en base en los resultados obtenidos.

Dentro de las conclusiones del proyecto se resaltan:

- A. Implementar el sistema de redes eléctricas antifraudes en el circuito SPER-C01, se contempla elevar a postes de 35 y 40 pies las redes de baja tensión lo cual dificultaría el acceso de terceros y de esta forma quedarían disminuidas las pérdidas de energía, se obtiene una tasa de retorno favorable para la empresa.
- B. Fomentar la implementación de la medición prepago a los clientes como también a los transformadores. De esta forma se constituye un avance en el paso para la reducción de pérdidas porque se evitan los fraudes que a menudo hacen terceros, se reducen los costos de operación como personal para la lectura o cortes y reconexión ya que de manera remota se puede detectar cuando un medidor es manipulado.
- C. Realizar un plan de captación y reuniones con líderes comunitarios, con esto se busca que la empresa Ede-Este tenga un contacto más cercano con la comunidad, para que esta se empodere y tenga conocimiento del proyecto a ejecutar y los beneficios del mismo.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En este capítulo se detallan actividades que permiten el avance y logro de los objetivos planteados, esto se desarrolla mediante la metodología DMAIC, la cual se definió cada etapa y se mencionan algunas de sus herramientas en el marco teórico con el objetivo de poner en contexto al lector.

### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La metodología para la definición del problema debe basarse principalmente en comprenderlo para poder identificar todo lo que envuelve al mismo, dentro de esto una parte esencial es identificar cada actividad del proceso.

También un punto importante en esta sección de la definición del problema, es dejar referenciado el motivo del porque se inclinó a trabajar en este problema y no en algún otro que tiene la empresa seleccionada, la información que nos brindó la matriz de priorización fue vital para validar el trabajo en el que se enfocó el esfuerzo.

**Tabla 1**

*Metodología para la definición del problema*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Definir las etapas de los procesos involucrados en la revisión de los hurtos eléctricos para evidenciar la ineficiencia en la metodología de trabajo actual.	Evidenciar la importancia del proyecto de la reestructuración de la metodología actual, sobre otros proyectos de la empresa para valorar el impacto e indicar cuál es el proyecto adecuado para la organización.	Matriz de priorización de proyectos	Identificar los proyectos que tiene la E.S.P.H. S.A. en su portafolio de actividades para darles un puntaje con el objetivo de obtener una visión de las prioridades en los recursos.	7 días	Alvaro Brenes Estrada

	Diagramar detalladamente el proceso que se utiliza actualmente en la revisión de los hurtos eléctricos.	Mapa de procesos	Analizar cada etapa en forma detallada para identificar las mejoras que se pueden realizar y proponer de forma adecuada una nueva metodología.	7 días	Alvaro Brenes Estrada
	Visualizar los factores involucrados en el proceso de inspección de hurtos eléctricos.	SIPOC	Describir las operaciones del proceso para validar la información recopilada y realizar un análisis de información detallada.	7 días	Alvaro Brenes Estrada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se plantea la forma de cómo abordar los diferentes objetivos del proyecto, según la etapa de análisis de los pasos planteados en el proyecto en esta sección de la metodología utilizada.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.**

La metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto presenta una orientación que busca analizar la información recolectada sobre el método de trabajo para valorar su eficacia ante las necesidades actuales de la empresa. En esta etapa la

metodología tiene su base en el análisis de los datos para obtener las variables necesarias que ayuden a identificar las mejoras que se plantean.

**Tabla 2**

*Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Recopilar información de las actividades del proceso e identificar los trabajos y costos asociados a la operación en la revisión de hurtos eléctricos para documentar las mejoras que se planteen.	Identificar los trabajos relacionados con el proceso de revisión de hurtos eléctricos.	Análisis de datos.	Recopilar la información de los trabajos que se realizaron años atrás, para obtener el detalle de las labores ejecutadas.	14 días	Alvaro Brenes Estrada
	Recopilar datos del costo que implican las diferentes labores que realizan en la detección de hurtos eléctricos	Análisis de datos.	Identificar el costo económico en que incurre la empresa por medio de las labores que se ejecutan.	14 días	Alvaro Brenes Estrada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se plantea la forma de cómo abordar los diferentes objetivos del proyecto, según la etapa de análisis de los pasos planteados en el proyecto en esta sección de la metodología utilizada.

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

En esta tercera etapa se desarrolla el análisis de las variables más importantes del proceso, para evaluar las alternativas y realizar las mejoras necesarias. Estos datos de la recolección vienen de la etapa anterior, para poder crear el panorama necesario de trabajo para atacar el problema de la forma adecuada. Se analizan todos los datos recolectados, con las herramientas necesarias para establecer las opciones de mejora determinadas en la investigación.

**Tabla 3**

*Metodología para la propuesta de mejora*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Analizar el diagnóstico situacional de la metodología actual de trabajo mediante la causa raíz en la detección de hurtos eléctricos.	Proponer una discusión guiada para obtener las posibles causas que provoquen las deficiencias en la detección de hurtos eléctricos.	Lluvia de Ideas.	Utilizar las herramientas de análisis de causa raíz para obtener un panorama más amplio de aristas del problema.	2 días.	Alvaro Brenes Estrada
	Realizar el análisis causa raíz con los insumos de las posibles causas que obtuvimos realizando la lluvia de ideas.	Diagrama Ishikawa.	Utilizar las herramientas de análisis de causa raíz para identificar las causas más trascendentales	3 días.	Alvaro Brenes Estrada

		que provoquen el problema.		
Clasificar las principales causas registradas para poder evaluar cada una de ellas y su posible impacto.	5 porqués	Utilizar las herramientas de análisis de causa raíz para identificar las causas que lo generen para plantear posibles soluciones.	2 días.	Alvaro Brenes Estrada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se plantea la forma de cómo abordar los diferentes objetivos del proyecto, según la etapa de análisis de los pasos planteados en el proyecto en esta sección de la metodología utilizada.

### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Con la puesta de implementación de este proyecto la ESPH S.A. podrá valorar la gran cantidad de beneficios y los retos que conlleva la implementación de la nueva metodología de trabajo MeDPE. Esta iniciativa de trabajo que trae de la mano la tecnología e innovación podrá implantar un precedente en la cultura empresarial y un cambio positivo en su imagen y proyección tanto a lo interno como al cliente externo.

La implementación de la metodología MeDPE debe llevarse en fases ya que es una propuesta a mediano plazo y que pasa a suplantar por completo la metodología de trabajo actual porque viene con una propuesta novedosa y nunca antes utilizada en la ESPH, adicional no se escucha mucho de esto en otras empresas del país, ni fuera del mismo.

**Tabla 4***Metodología para la implementación del proyecto*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Implementar un plan de acción que proponga herramientas o guías específicas que ayuden a generar una metodología de trabajo nueva, para eliminar la ineficiencia en la revisión de hurtos eléctricos.	Obtener el costo por revisión de hurtos eléctricos y realizar la comparativo por costo de revisión.	Cuadros comparativos de beneficios económicos.	Mediante un análisis económico se valora el costo por revisión.	15 días	Alvaro Brenes Estrada
	Definir los roles de los intereses de las áreas o personas que tienen influencia en el proyecto.	Análisis Stakeholders	Mediante la puntuación que nos entrega la herramienta, vamos a conocer de lo que debemos suministrar a cada parte involucrada.	10 días	Alvaro Brenes Estrada
	Diseñar un plan de control de las revisiones que se realizan y su grado de efectividad.	Registro de datos.	Realizar un procedimiento para el resguardo de la información	15 días	Alvaro Brenes Estrada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se plantea la forma de cómo abordar los diferentes objetivos del proyecto, según la etapa de análisis de los pasos planteados en el proyecto en esta sección de la metodología utilizada.

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

Esta última etapa de la metodología de trabajo, consiste un enfoque de control en el proceso de pérdidas eléctricas con la principal finalidad de abordar de forma temprana los hurtos eléctricos y estar en un constante monitoreo y mejora continua que permitan hacer las correcciones necesarias a tiempo. Se establecen los indicadores, métricas y controles para garantizar que los procesos tengan el sustento adecuado para que la solución planteada logre alcanzar el éxito esperado.

**Tabla 5**

*Metodología para el control y seguimiento de resultados de la mejora*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Controlar de forma adecuada los indicadores establecidos que permitan una alerta anticipada en	Diseño de un procedimiento de monitoreo.	Hoja de control de hurtos	Desarrollar un procedimiento detallado para el control de las pérdidas eléctricas debido al hurto de electricidad.	8 días.	Alvaro Brenes Estrada

<p>caso del aumento de las Pérdidas Eléctricas no Técnicas debido al hurto de electricidad.</p>	<p>Establecer un control de retroalimentación del proceso de pérdidas eléctricas.</p>	<p>Reuniones de revisión del proceso.</p>	<p>Realizar reuniones de revisión del proceso calendarizadas en el año y con los respectivos ajustes en caso de ser necesario.</p>	<p>8 días.</p>	<p>Alvaro Brenes Estrada</p>
	<p>Definir los umbrales de las pérdidas eléctricas de los sectores.</p>	<p>Documentación.</p>	<p>Establecer los umbrales de alerta para los KPI's que indiquen cuales son los umbrales de pérdidas en los sectores residenciales medidos.</p>	<p>8 días.</p>	<p>Alvaro Brenes Estrada</p>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ**

## **4.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN**

### **ACTUAL**

El diagnóstico inicial en el proyecto es el punto principal para obtener la información con la que se fundamenten los diferentes planes para lograr los objetivos planteados. El diagnóstico se desarrollará con la metodología DMAIC, siguiendo la ruta que ofrece cada etapa de esta metodología y el uso de algunas de las herramientas que permiten realizar el efectivo abordaje del problema, definir de forma clara las causas y que las herramientas que lleven a la solución del problema.

#### **4.1.1 Matriz de priorización de proyectos**

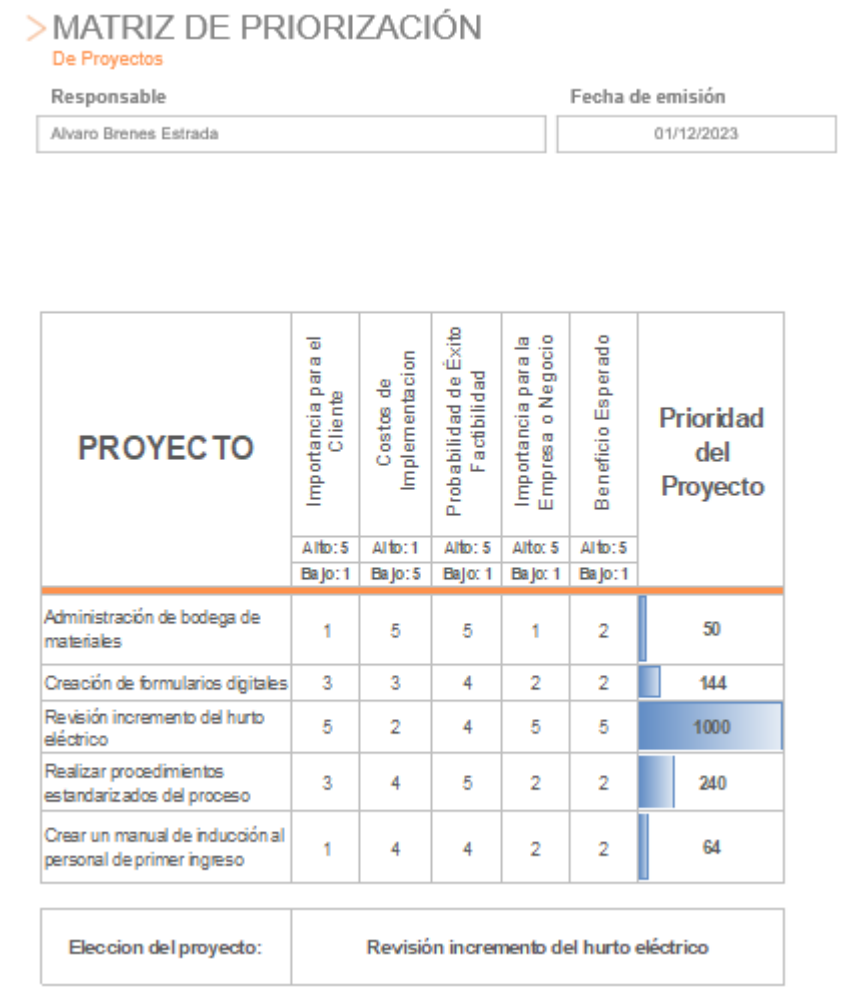
La Matriz de Priorización de Proyectos es una herramienta de gestión que implica la evaluación y clasificación de proyectos en función de criterios específicos. Este método busca asignar recursos limitados a los proyectos que aportan el mayor valor estratégico o impacto en la organización. Implica la consideración cuidadosa de diversos factores para identificar y seleccionar los proyectos más alineados con los objetivos y metas de la empresa (Instituto LSS, 2024, p. 23)

Dentro de las primeras herramientas que se aplicaron para definir el proyecto a trabajar, fue la Matriz de priorización, la cual es de gran ayuda, ya que permite tener claridad del orden de los proyectos, la importancia e impacto para la empresa. En base a esto es de gran importancia tener en la palestra los proyectos en los que se pueden trabajar para asignarles prioridades y que los nuevos proyectos que ingresen sean sometidos a esta herramienta para ir trabajándolos bajo el enfoque de prioridad en cada uno de los rubros a evaluar.

En la imagen siguiente se observa el cuadro de la Matriz de Priorización y cada uno de los proyectos que se tenían en el momento de aplicarlo y el puntaje obtenido.

**Figura 6**

*Matriz de Priorización*

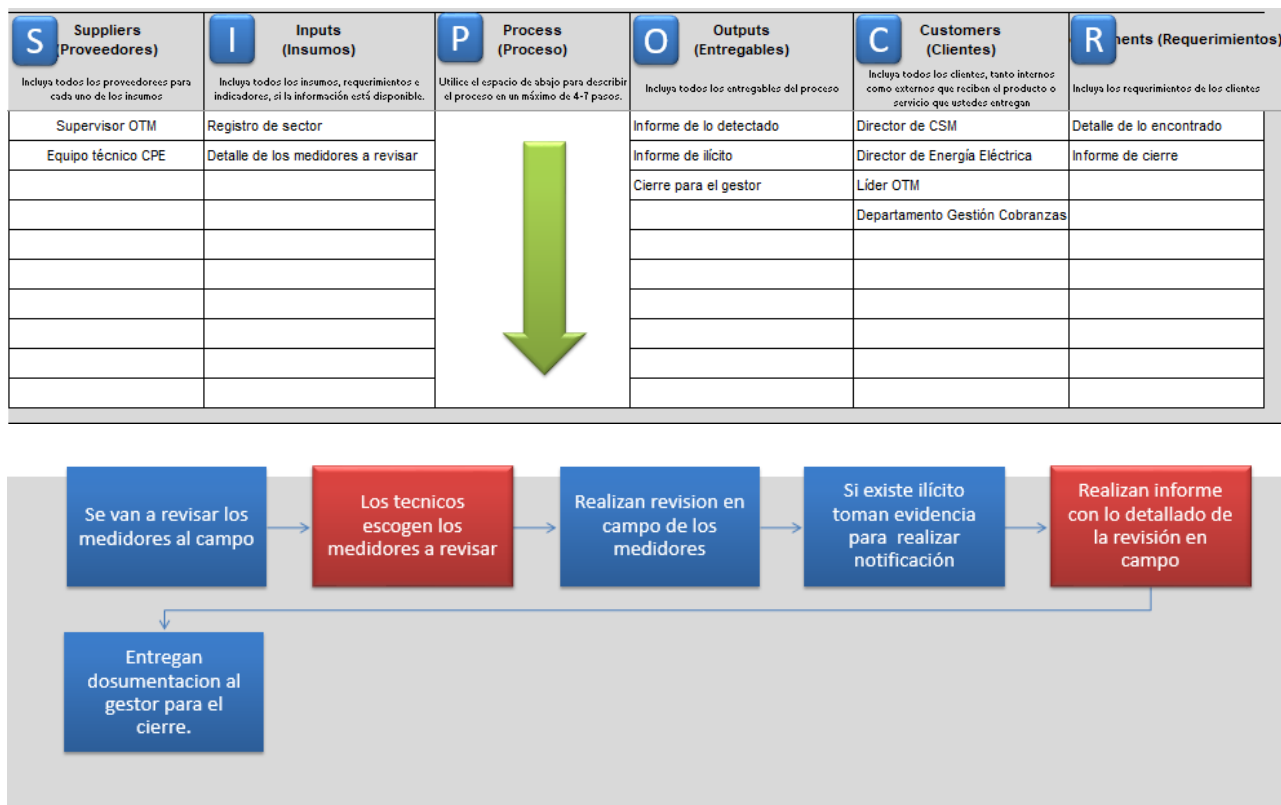


Fuente: (Elaboración propia)

**4.1.2 Diagrama SIPOC**

Se elabora un diagrama SIPOC para visualizar los factores involucrados en el proceso de inspección de hurtos eléctricos. Esto con el fin de visualizar cada uno de los procesos y los actores involucrados en el avance de la implementación del proyecto.

**Figura 7**  
*Diagrama SIPOC*

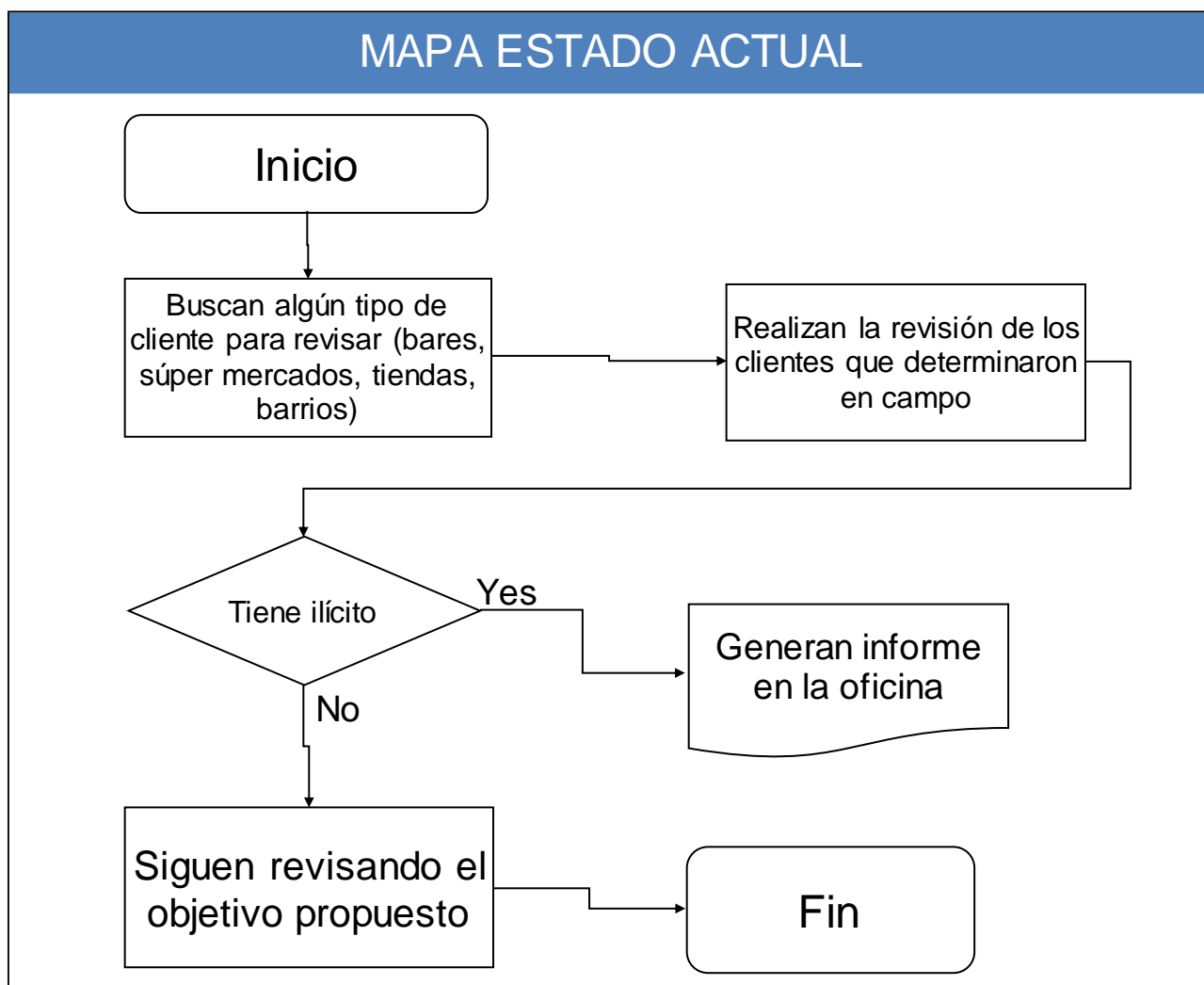


Fuente: (Elaboración propia)

En este caso se tienen varios clientes finales, pero el principal es el departamento de gestión cobranzas que se encargan de gestionar los cobros para poder realizar la recuperación económica de la ESPH S.A, en lo referente al tema de los hurtos eléctricos. Los otros clientes son más de carácter informativo, ya que ellos no ejecutan nada con ese producto final, pero si requieren mantenerse al tanto del trabajo que se da en el tema de los hurtos.

**4.1.3 Mapa de proceso actual**

En esta sección se explica el proceso como se realiza actualmente, este diagrama deja ver la falta de control en el proceso para la revisión de los hurtos, se observa de forma muy clara la falta de una planificación adecuada, también evidencia que no se poseen los controles adecuados que permitan tener datos para evaluar la eficiencia del proceso.

**Figura 8***Mapa de proceso actual*

Fuente: (ESPH S.A., 2023)

## 4.2 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO ACTUAL

En cuanto a la evaluación de la eficiencia del proceso se pretende que se evidencie desde una perspectiva muy sencilla el costo económico que implica la revisión de los ilícitos utilizando la información del año 2022 y comparar con lo que la nueva metodología de trabajo MeDPE.

### 4.2.1 Revisión de resultados del método de trabajo actual

Los datos para este análisis se obtienen de las labores ejecutadas en el año 2022, en el cual no se había implementado ninguna mejora en el procedimiento, debido a que se

necesitaban datos reales para poder realizar los ejercicios de comparativa de datos. Para el año 2023 ya los datos se comportan diferentes debido a que ese año se inicia con la inserción de la nueva metodología MeDPE.

Se muestrean las diferentes tareas que se realizaron en el año 2022 para la detección del hurto eléctrico en la ESPH S.A:

- Revisión de 82 clientes que habían tenido un ilícito en años anteriores, estos los escogen al azar de una base de datos de clientes que estuvieron en esa condición.
- Revisión de comercios, escogieron en esta ocasión 181 comercios dentro de estos iban bares, restaurantes, supermercados, panaderías y tiendas de diferente índole, estos los escogen al azar de una base de datos de clientes que están en ese tipo de comercio.
- Revisión de contratos que tuvieron variación de consumo a la baja, se revisaron 448 clientes, estos los escogen al azar de una base de datos de clientes que tuvieron una disminución de consumo.
- Revisión de medidores que fueron manipulados, se revisaron 296 clientes, estos los revisan por reportes que ingresan a la ESPH S.A. ya sea de forma interna como externa.

Para estas labores anteriores se utilizaron dos equipos de trabajo o cuadrillas del área de OTM a tiempo completo durante el año 2022, se va a detallar la inversión de costo beneficio en los siguientes cuadros para poder obtener un diagnóstico adecuado del trabajo que se está realizando.

Para poder obtener los costos del trabajo realizado se utiliza mediante el costo del minuto y los minutos laborados efectivos, ya que así se lleva el control en el área de contabilidad, en base a las respectivas ordenes de trabajo que incluyen el costo de horas hombre, vehículo e insumos. En la tabla 6 se detallan los trabajos realizados, costos y beneficios.

**Tabla 6**

*Trabajo realizado en el año 2022 para la revisión de hurtos eléctricos*

<b>Ilícitos año 2022</b>	<b>Cantidad de revisiones</b>	<b>Ilícitos</b>	<b>Recuperación</b>
<b>Revisiones clientes que tuvieron ilícito</b>	<b>82</b>	<b>1</b>	<b>₡ 23 945,00</b>
<b>Revisiones de comercios</b>	<b>181</b>	<b>-</b>	<b>₡ -</b>
<b>Revisiones variación de consumo</b>	<b>448</b>	<b>2</b>	<b>₡ 47 931,00</b>
<b>Revisiones medidores que fueron manipulados</b>	<b>296</b>	<b>1</b>	<b>₡ 23 945,00</b>
<b>Total</b>	<b>1007</b>	<b>4</b>	<b>₡ 95 821,00</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el trabajo que se realizó para atacar el hurto eléctrico en el año 2022 bajo el método de trabajo actual.

En promedio los técnicos revisan cinco medidores por día, lo cual cerro en el año 2022 para un total de 1007 medidores revisados.

En la columna de recuperación se ingresó el monto de los cobros que se realizaron en el año 2022.

Fuente: Elaboración propia (2023)

**Tabla 7**

*Tiempo / Costo en la revisión de hurtos eléctricos año 2023*

<b>Tiempo efectivo de trabajo (minutos)</b>	<b>Costo por minuto de trabajo (cuadrilla)</b>	<b>Total invertido</b>
<b>114300</b>	<b>296</b>	<b>₡ 33 832 800,00</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el trabajo que se realizó para atacar el hurto eléctrico en el año 2023 bajo el método de trabajo actual.

El costo se obtiene por minuto efectivo de trabajo ya que bajo ese método lo calcula el área contable para poder distribuir según las ordenes de trabajo respectivas.

El costo por minuto incluye materiales, uso de vehículo y salario de los dos técnicos que conforman la cuadrilla de trabajo.

Fuente: Elaboración propia (2023)

#### **4.2.2 Evaluación de los costos de ambos métodos de trabajo**

Se realiza la evaluación de ambos métodos contemplando solo el tiempo efectivo y el costo que se tiene en promedio por inspección según lo que se realizó en el año 2023.

Dependiendo el enfoque que se le quiera dar al análisis se pueden comparar desde muchas

aristas diferentes, en esta ocasión se utiliza el costo por inspección de ambos métodos para comparar la eficiencia de ambos.

En la tabla 8 se muestra el costo por la revisión en el que incurrió la empresa para el año 2023 con lo referente a la revisión de hurtos eléctricos.

**Tabla 8**

*Costo por revisión de ilícito en el año 2023*

Inversión	Recuperación económica	Cantidad de revisiones	Costo por revisión
₡ 33 832 800,00	₡ 95 821,00	1007	₡ 33 597,62

Nota. En esta tabla se representa el detalle del costo que tuvo cada revisión por concepto de hurto eléctrico del año 2023.

El monto de la inversión se obtiene por el registro de tiempo efectivo que realizan los técnicos en sitio y el mismo es registro por el área contable de la empresa.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Con el nuevo método de trabajo MeDPE las revisiones cambian de forma por completo porque ya no lo realizaría personal de campo, el software se encargaría de realizar el análisis de los sectores residenciales por medio de los datos, el cual para esta etapa del proyecto está contemplado para dos transformadores, por sector tiene un promedio de treinta clientes por transformador para un monitoreo de veinticuatro horas los trescientos sesenta y cinco días del año alrededor de a sesenta mil clientes sin tener que realizar traslado de personal, este solo se trasladarían en caso de que realmente este sucediendo un hurto de electricidad.

Se realiza una simulación con los datos del año 2023 respecto al costo de las inspecciones y la cantidad de las mismas en el siguiente cuadro con el objetivo de realizar una comparación de forma muy básica de lo que se hubiera invertido la empresa en revisar esos sesenta mil clientes y también de lo que hubiera costado realizar la revisión de esas mil siete del año 2023.

**Tabla 9**

*Simulación del costo por revisión de ilícito en el año 2023 con el método MeDPE\**

Inversión	Cantidad de revisiones	Costo revisión método MeDPE
₡ 33 832 800,00	60000	₡ 563,88

Nota. En esta tabla se representa el detalle en forma de simulación del costo que tuvo cada revisión si se hubiera realizado con el método MeDPE.

\*Metodología para Detección de Pérdidas Eléctricas.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Realizando la simulación de lo que hubiera representado económicamente a la empresa cada revisión, existe una disminución muy alta, la cual en el ejercicio solo representa un poco menos 2% del precio con el que realmente se realizó la revisión.

También se puede simular lo que podría costar realizar la revisión de sesenta mil clientes al costo de la revisión del año 2022, esto lo observamos en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Simulación del costo por revisión a los sesenta mil clientes*

Costo por revisión	Cantidad de revisiones	Inversión simulada
₡ 33 597,62	60000	₡ 2 015 857 000,99

Nota. En esta tabla se representa el detalle en forma de simulación del costo que se hubiera incurrido si se realiza la revisión a los sesenta mil clientes.

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la tabla 10 se observa el alto costo que representaría revisar a los sesenta mil clientes que encierra el proyecto que se van a tener monitoreados bajo el nuevo método MeDPE, adicional eso sería completamente imposible de realizar por parte de la empresa porque la cantidad de personal que debería tener para realizar esto es inviable desde cualquier análisis que se realice.

Los datos de las tablas 4 y 5 son simulaciones muy básicas solo para destacar de forma rápida las ventajas que tiene el proyecto y de igual forma el mismo tiene muchas formas de analizar las mejoras, no solo desde lo económico sino también la parte tecnológica, el monitoreo contante, minimizar el error humano, evitar la corrupción a lo interno de la empresa. El mismo tiene muchas ventajas que se irán resaltando conforme avance el proyecto.

#### **4.2.3 Análisis de los datos recolectados**

Según la tabla 10 con la información presentada se observa de forma muy clara que el trabajo que se realiza es poco efectivo, desde el punto de vista económico, ya que la recuperación versus la inversión no tiene retorno, debido a que esto no representa ni el 1% lo recuperado de la inversión que realiza la ESPH S.A por esta labor.

Analizando el trabajo desde un punto de vista de eficiencia por revisión están en promedio de 5 inspecciones por día, lo cual también es bastante bajo, comparándola con otras labores que se realizan en el departamento que tiene algún grado de similitud.

Tomando en cuenta que esta es una tarea que la ESPH S.A. no puede dejar de realizar ya que tiene un factor de obligación y por otro lado un tema de control, ya que se indica que esto genera una sensación en los clientes de monitoreo y control para que se deje notar que el hurto si es penalizado por la empresa, pero debido a la baja cantidad de revisiones que se realizan la percepción de lo anterior queda muy disminuida. Lo cual es otra de las ventajas de la nueva metodología de trabajo que el monitoreo es constante y dependiendo como lo aborde el manejo de la empresa la revisión se puede realizar con pocos días de realizar un hurto la persona lo cual si daría credibilidad al monitoreo y ayudaría en una medida para que el hurto no se utilice por las personas como herramienta para pagar menos electricidad.

### **4.3 DETERMINACION Y ANÁLISIS DE LA CAUSA RAIZ**

Con el uso de las herramientas de esta sección se pretende entrar en una mejor claridad del cual o cuales son las principales causas del problema que se tiene en el proceso de Pérdidas Eléctricas con la detección del hurto de electricidad.

#### **4.3.1 Lluvia de ideas**

El objetivo principal de utilizar esta herramienta es generar un entorno colaborativo que ayuden a contribuir en el proceso de cambio que se quiere implementar, también obtener ideas variadas y la valiosa colaboración de diferentes puntos de vista de un problema y no sesgar solo a lo que tienen las personas cercanas al mismo. Se desarrolló en varias sesiones de quince minutos y con grupos pequeños con un máximo de cinco personas para que esto fluyera de una forma adecuada.

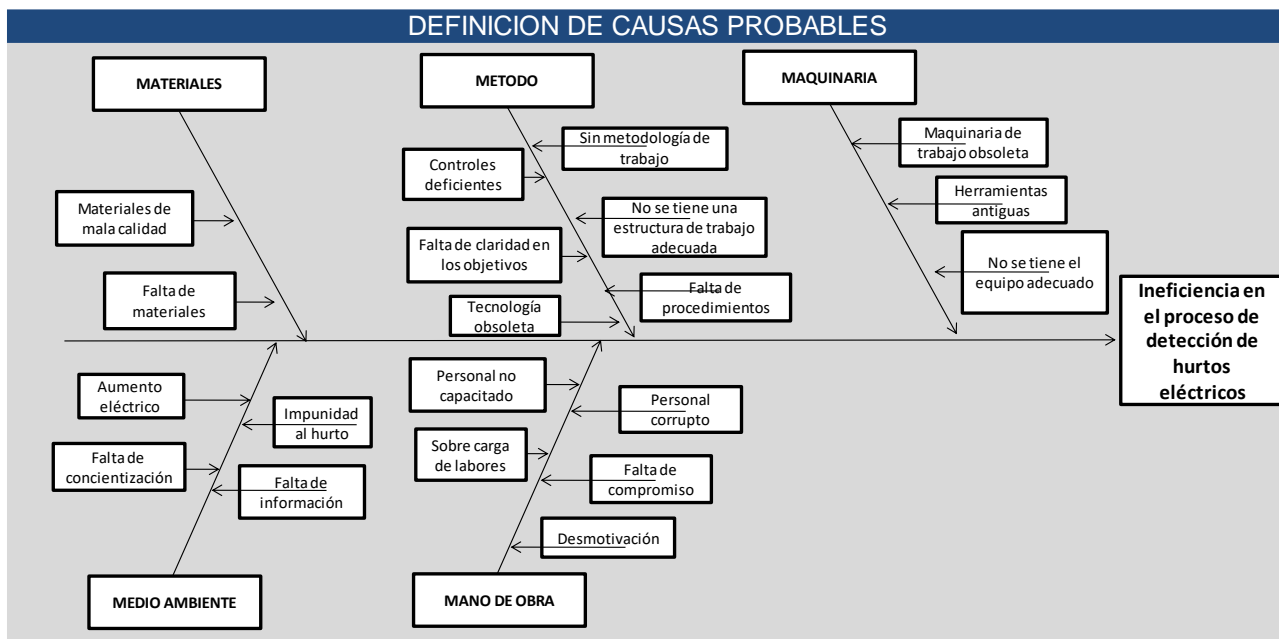
En el Ishikawa se puede observar el fruto de esta lluvia de ideas que se realizó en varias sesiones las cuales fueron muy provechosas y eficientes.

#### **4.3.2 Diagrama Ishikawa**

Esta herramienta tiene un papel muy importante en la identificación y análisis de las posibles causas de un problema, esto permite a los equipos abordar de manera eficiente las situaciones en que se enfrentan y encontrar las soluciones efectivas para la empresa.

Figura 9

Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama Ishikawa se analizan algunas fuentes que son válidas para llegar a la causa raíz de lo que puede estar ocasionando que los hurtos eléctricos se mantengan oscilante, en esos porcentajes que se determinan altos y la ineficiencia en el proceso de detección de hurtos eléctricos, lo que ha provocado la insuficiente detección de los mismos.

Dentro de las causas que se destacan de esta lluvia de ideas están:

- Aumento eléctrico en el cobro del recibo mensual a los clientes, lo que puede que esto los lleven a realizar las acciones de hurto.
- Impunidad al hurto eléctrico, ya que si las personas tienen la percepción de que nada les sucede siguen cometiendo el delito.
- Personal no capacitado, este punto se resalta ya que el procedimiento de las revisiones es el mismo que se emplea desde hace más de 20 años atrás.
- Personal corrupto, se debe buscar algún método que sea una verificación de doble factor para que esto pueda ser disminuido y que no se contamine la ESPH S.A. con este mal.

- No se cuenta con el equipo adecuado, se debe verificar lo que se está realizando versus lo que se tiene en el mercado actual, en el tema de la forma de realizar los hurtos eléctricos y contar con un enfoque de tecnología.

Se realiza un espacial énfasis cuando se da la lluvia de ideas en lo que respecta a los métodos, ya que desde el momento que se realizó, se notó que muchas causas están asociadas a los procedimientos de trabajo que utilizan actualmente, las mayor parte de las causas que se mencionan van de la mano con una metodología de trabajo ineficiente y obsoleta.

### 4.3.3 Herramienta de los Cinco Porque's

Con esta herramienta se busca encontrar la causa o causas, en caso que hubiese varias para lograr centralizar y entender los causales fundamentales que lo generan y con esto plantear las posibles soluciones para trabajar en mejorar la condición o problema planteado.

**Figura 10**

*Cinco Por que 's*

Análisis de Causas Probables										
Análisis de 5 Por qué										
CAUSAS	REQUISITOS		¿POR QUÉ 1?	¿POR QUÉ 2?	¿POR QUÉ 3?	¿POR QUÉ 4?	¿POR QUÉ 5?	CAUSA RAÍZ	SOLUCIÓN PROPUESTA	
	¿Esta en nuestro rango de acción?	¿Podemos tener evidencia?								
Mano de Obra	Personal no capacitado	SI	SI	No hubo una adecuada capacitación	Ausencia de un plan de capacitación formal del proceso			Ausencia de procedimiento	Desarrollar un plan de capacitación que abarque de principio a fin el proceso	
	Personal corrupto	SI	SI	Ausencia de controles de seguimiento	No existen KPIs	No se cuenta con procedimientos		Ausencia de procedimiento	Implementar KPIs en el proceso	
	Falta de compromiso	NO	SI	No hubo una adecuada selección del personal en el momento de constatarlo	Falta de herramientas para control de habilidades y actitudes	No se le ha atribuido la importancia necesaria		No hay estándar	Realizar sesiones de integración para las áreas involucradas, que se enfoquen en ideas de mejora del proceso y no de cada área	
	Desmotivación	SI	SI	No se toma en cuenta al personal en su opinión	No se tiene una buena comunicación con la jefatura	No se toma interés en estos temas		Mala comunicación	Implementar sesiones de uno a uno con el personal y la jefatura para generar un canal de comunicación	
Medio Ambiente	Aumento del costo de la electricidad	NO	SI	Esto se debe al costo de producción				SI hay estándar	No hay solución al aumento en los costos	
	Impunidad al hurto	NO	SI	No se está castigando al infractor del hurto de forma severa	No se le ha tomado la importancia	No se da seguimiento al ramfite de los cobros	Falta de estandarización en los procedimientos	Ausencia de procedimiento	Crear un procedimiento y las herramientas para el seguimiento de los cobros y la estandarización en cada etapa de trabajo	
	Falta de concientización	NO	SI	No se ha dado a conocer las realidades que implican el hurto eléctrico	Porque no se tiene un procedimiento para estos casos	Porque no se cuenta con una estandarización en los procedimientos		Ausencia de procedimiento	Crear un procedimiento y las herramientas para el seguimiento de los cobros y la estandarización en cada etapa de trabajo	
Materiales	No se encontro una causa valida									
Metodo	Controles deficientes	SI	SI	Los controles que se tienen no los conocen con claridad	Porque no se tienen estandarizados	Porque no se tiene la necesidad de estandarizar procedimientos	Falta de conocimiento de la jefatura	Ausencia de controles	Crear los controles adecuados y que estos sean eficientes y necesarios para generar información valiosa para el análisis de los resultados	
	Falta de claridad de los objetivos	SI	SI	No se plantean los objetivos en las labores que se realizan	Porque no los definen de forma clara	Porque no tienen un procedimiento que permita estandarizar que el personal debe realizar	Porque no se tiene interés por parte de la jefatura	Ausencia de controles	Crear los controles adecuados y que estos sean eficientes y necesarios para generar información valiosa para el análisis de los resultados	
	Tecnología obsoleta	SI	SI	Porque no se tiene el conocimiento de nuevas tecnologías o formas de realizar el trabajo	Porque no se ha investigado como mejorar en lo que se realiza	Porque no se tienen los controles adecuados para el análisis de los datos	Porque no se tiene la necesidad de realizar cambios debido a la falta de conocimiento	Ausencia de controles	Capacitación al personal sobre los avances tecnológicos en el campo de trabajo. Crear los controles adecuados y que estos sean eficientes y necesarios para generar información valiosa para el análisis de los resultados.	
	No se tiene una metodología de trabajo implementada de forma adecuada	SI	SI	Porque no se tiene personal capacitado para generar un estándar de trabajo	Porque no se había visto la necesidad de mejora	Porque han faltado los controles para analizar los datos y tomar decisiones		Ausencia de controles	Capacitación al personal sobre los avances tecnológicos en el campo de trabajo. Crear los controles adecuados y que estos sean eficientes y necesarios para generar información valiosa para el análisis de los resultados.	
	Falta de procedimientos de trabajo	SI	SI	Porque no se tiene personal capacitado para generar un procedimiento de trabajo	Porque no se había visto la necesidad de mejora	Porque no se tiene la necesidad de realizar cambios debido a la falta de conocimiento		Ausencia de controles	Capacitación al personal sobre los avances tecnológicos en el campo de trabajo. Crear los controles adecuados y que estos sean eficientes y necesarios para generar información valiosa para el análisis de los resultados.	
	No se cuenta con una estructura de trabajo definida	SI	SI	Porque no se ha sentido la necesidad de estructurar los trabajos del área	Porque ha faltado interés en la mejora continua			No se tiene una estructura clara	Crear una estructura de trabajo adecuado y realizar una reestructuración del proceso.	
Maquinaria	Herramientas de trabajo obsoletas	SI	SI	Porque las herramientas actuales que se utilizan no han cambiado	Porque no conocen otra forma de realizar el trabajo	Porque tienen un procedimiento de trabajo obsoleto	Porque no han tenido la necesidad de actualizarse	Porque la jefatura no ha gestionado un cambio	Ausencia de procedimiento	Realizar una revisión de lo que se realiza en el área para reestructurar las labores que realizan y poder evaluar las herramientas de trabajo necesarias

## **4.4 PROPUESTA DE LA DIVULGACION DEL PROYECTO**

Se debe implementar una propuesta de divulgación del proyecto para las diferentes áreas involucradas y después de esto desarrollar una campaña empresarial para que sea de conocimiento de todo el personal como se aprovecha la tecnología y la importación de la innovación en la que debe concientizar a todo el personal para que desde sus diferentes áreas puedan crear mejoras en los procesos que manejan.

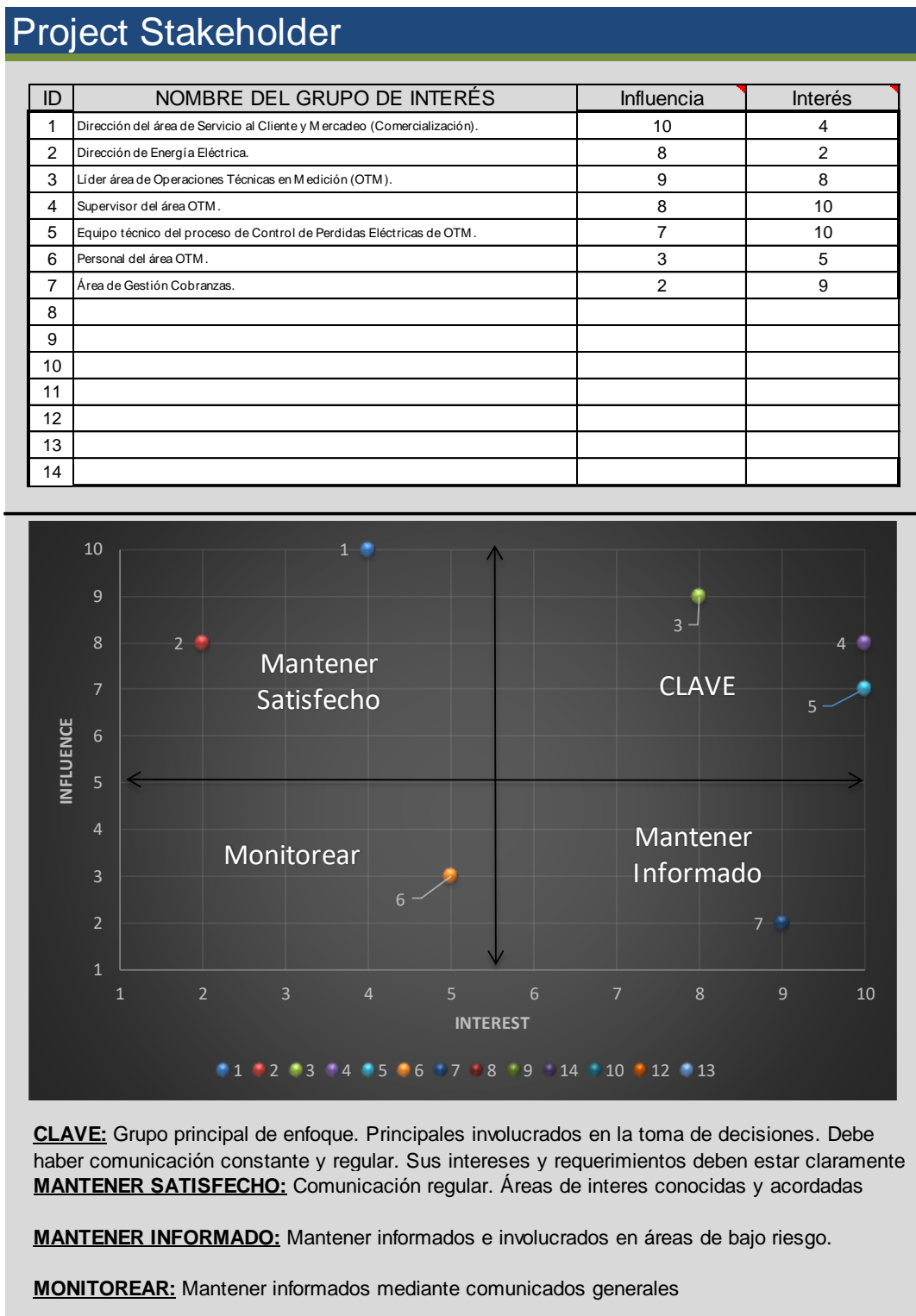
### **4.4.1 Project Stakeholders**

Con la ayuda de esta herramienta definimos los roles de los intereses de las áreas o personas que tienen participación o influencia en el proyecto, ya que les otorgamos una puntuación en base a su influencia en la empresa y su interés en el proyecto como tal.

Con el grafico que nos da esta matriz tenemos la claridad lo que debemos estarles suministrando en el transcurso del proyecto a cada uno de los grupos que lo conforman.

Figura 11

## Project Stakeholders



Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2 Resguardo de la información**

Se tiene planteado que en la base de datos donde se va a manejar la información de los perfiles de lectura de los medidores, que esta se resguarde de forma periódico con el objetivo de estar monitoreando y comparando cada mes las perdidas eléctricas de los sectores, esto para tener detalles que ayuden en los siguientes puntos:

- Control de los hurtos de forma constante, con una periodicidad de alarmas diarias para una rápida revisión.
- Control del día que se da el hurto eléctrico para poder calcular el cobro de energía no facturada de forma correcta.
- Control de las perdidas eléctricas técnicas que sirva al área de energía de insumo para valorar temas de eficiencia en la construcción de la misma.
- Comportamiento de las anomalías eléctricas presentadas que sean insumo para la calidad de la energía eléctrica suministrada a los clientes.
- Realizar comparaciones del comportamiento de los ilícitos y si ocurre la reincidencia en algunos clientes o sectores para realizar un abordaje de concientización de un alto al hurto eléctrico.
- Poder tomar acciones con anticipación de las necesidades de atención al hurto.

Los puntos anteriores se detallarán cuando TI cree los dashboard de análisis, aunque no son parte del proyecto ya que esto entrara en otra etapa de la implementación del mismo, pero esto debe quedar establecido dentro de los requerimientos necesarios para un adecuado control.

#### **4.5 PROPUESTA DE LOS INDICADORES DE CONTROL**

Se deben establecer indicadores de control para que estos puedan ser utilizados como puntos de control que permitan una alerta anticipada en el manejo de la toma de decisiones

y que esta sea oportuna y adecuada, adicional a que estos indicadores sean dinámicos y variables según las necesidades con las que el entorno lo exija.

Dentro de las propuestas para el desarrollo de algunas actividades se pueden mencionar las siguientes:

- Definir los umbrales de pérdidas eléctricas técnicas y su oscilación para determinar el comportamiento normal del sector residencial, esto se realizaría mediante un procedimiento y en el software se visualizaría por medio de las alarmas cuando el comportamiento sobre pase los límites establecidos. Esto se desarrollaría en la etapa de la implementación del software y se solicitaría los visualizadores necesarios de la información de dichos umbrales establecidos.
- Diseñar un formulario donde se detallen los hallazgos en la revisión de los hurtos eléctricos y la información recopilada en sitio, con lo que se pueda tener insumos que sirvan para análisis de factores y trabajar en la mejora continua del nuevo método de trabajo.
- En base a los datos se realizarían las reuniones de forma trimestral para mostrar los datos y toda la información que se ha adquirido en el avance del proyecto, con puntos como la recuperación económica, tiempos de respuesta en atención de ilícitos, cantidad de ilícitos atendidos, recuperación de la energía y otros detalles que vallan surgiendo según el avance y la maduración del nuevo proceso.

#### **4.6 CONCLUSIONES DEL CAPITULO DE ANÁLISIS**

Según los datos e información compilada en la descripción del problema, SIPOC, el Ishikawa y finalizando con los 5 por ques, se identificaron 14 causas que pueden ser causa causantes de la ineficiencia en la detección de los hurtos eléctricos, eso se base en la metodología de trabajo que se hasta gestionando en el área, ya que la misma está siendo

poco efectiva, no es confiable y se ha dejado ver que es muy deficiente. Según el avance del proyecto, se cumple el primer objetivo específico que es “Elaborar un diagnóstico situacional de la metodología actual en el proceso de Pérdidas Eléctricas de la ESPH.”

De esta manera se identificaron las causas que impactan el problema raíz de las cuales se tienen:

1. Personal no capacitado
2. Personal corrupto
3. Falta de compromiso del personal
4. Desmotivación del personal
5. Aumento del costo de la electricidad
6. Impunidad al hurto
7. Falta de concientización
8. Controles deficientes
9. Falta de claridad de los objetivos
10. Tecnología obsoleta
11. No se tiene una metodología de trabajo implementada de forma adecuada
12. Falta de procedimientos de trabajo
13. No se cuenta con una estructura de trabajo definida
14. Herramientas de trabajo obsoletas

De las catorce causas señaladas se clasificaron de acuerdo al criterio de la cantidad de ocasiones en que se repite la causa raíz que es la ausencia de procedimientos y la ausencia de controles. Entre las soluciones que se proponen esta la creación de procedimientos, estandarización de los procesos y estructuras de trabajo adecuadas.

Con el segundo objetivo que es “Proponer la implementación de la reestructuración para mejorar la metodología actual en el proceso de Pérdidas Eléctricas de la ESPH en su

primera etapa". Se logra cumplirlo ya que la reestructuración y mejora de la metodología son las bases para poder implementar la solución a la creación de procedimientos, estandarización y la estructura adecuada.

Por lo tanto, se cumple con los primeros dos objetivos planteados en este proyecto, los cuales se lograron con la ayuda de herramientas y técnicas ingenieriles que aporta la metodología DMAIC. Los otros dos objetivos se verán en el capítulo 5 ya que estos van de la mano con la implementación y el análisis costo beneficio.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En la siguiente sección de este proyecto se presentará el diseño, la propuesta de solución, la implementación y el análisis de factibilidad del proyecto en base a la situación actual identificada en el capítulo anterior. El objetivo principal de lo que se va a abordar en este capítulo es cumplir con los objetivos planteados al inicio y con ellos minimizar las causas que han sido identificadas como las más significativas. Se describirá un plan de implementación para abordar las causas y se presentarán las propuestas desde una perspectiva costo-beneficio. De esta manera, se espera ofrecer soluciones viables y efectivas para la mejora en la eficiencia de la mejora en la recuperación de hurtos eléctricos.

## **5.1 DISEÑO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En esta primera sección de este capítulo se describirán las herramientas que se utilizaron para llegar a cada una de las partes de implementación de este diseño.

### **5.1.1 Mapa de Ruta del DMAIC**

El mapa de ruta ayuda a reducir las variaciones en el proyecto y corregir desviaciones en las fechas programadas en los avances, permitiendo realizar los ajustes necesarios, ayudando a mitigar los pormenores.

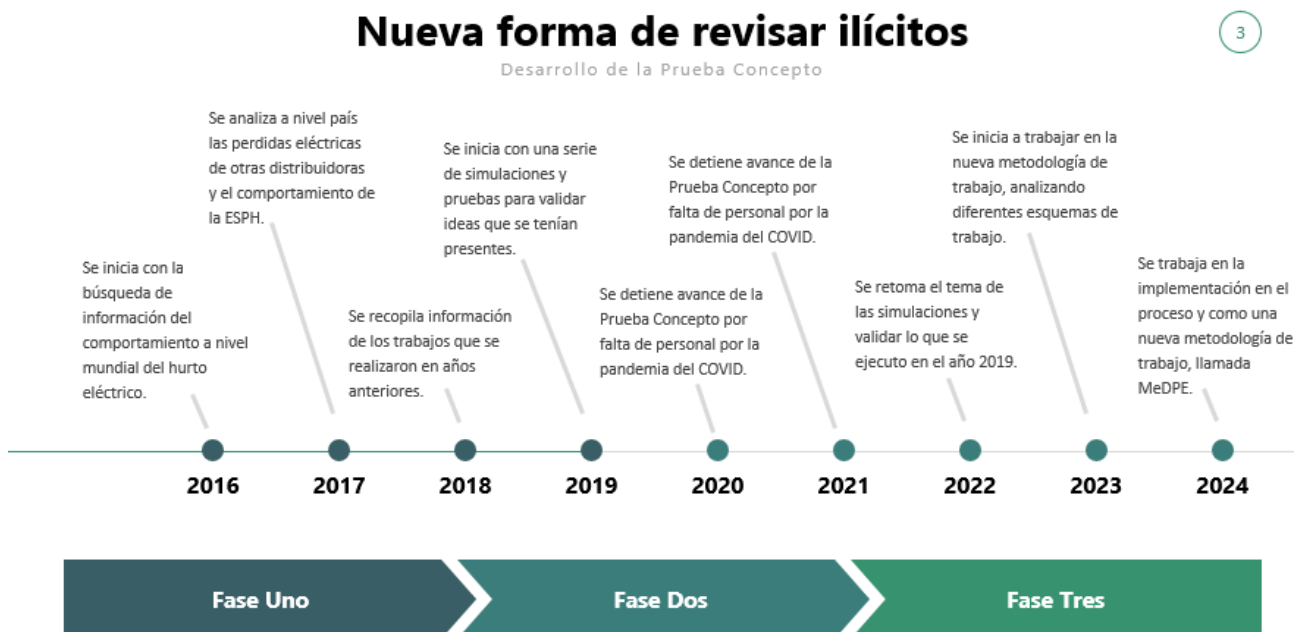
**Figura 12***Mapa de ruta del DMAIC*

MAPA DE RUTA DEL DMAIC			
	FECHA	ESTATUS	COMENTARIOS
<b>DEFINIR</b>			
• Definición del Enfoque del proyecto	Oct-23	✓	Ejecutado
• Definir los alcances del proyecto	Oct-23	✓	Ejecutado
• Definir el método de implementación	Oct-23	✓	Ejecutado
• Definir las herramientas y equipo de trabajo	Oct-23	✓	Ejecutado
• Definir la capacidad del personal de campo	Oct-23	✓	Ejecutado
• Definir la capacidad del método de trabajo	Oct-23	✓	Ejecutado
<b>MEDIR</b>			
• Plan de Recolección de Datos	Nov-23	✓	Ejecutado
• Línea Base	Nov-23	✓	Ejecutado
• Utilizar las herramientas de recolección de datos	Nov-23	✓	Ejecutado
• Ordenar los datos y equipos de medición para el analisis	Dec-23	✓	Ejecutado
• Verificar la veracidad de los datos recolectados	Dec-23	✓	Ejecutado
<b>ANALIZAR</b>			
• Definición de Causas Probables (Ishikawa)	Jan-24	✓	Ejecutado
• Análisis de Causas Probables (5 Por qué)	Jan-24	✓	Ejecutado
• Análisis Estadístico	Feb-24	✓	Ejecutado
• Analizar el plan de Acción Definido	Feb-24	✓	Ejecutado
<b>IMPLEMENTAR</b>			
• Implementar el plan de accion	Feb-24	✓	Ejecutado
• Validación de la Mejora	Feb-24	✓	Ejecutado
• Validación de los datos recolectados	Feb-24	✓	Ejecutado
• Validación de la Mejora	Feb-24	✓	Ejecutado
<b>CONTROLAR</b>			
• Plan de Control en su lugar	Mar-24		En proceso
• Cierre de Proyecto	Mar-24		En proceso

Fuente: Elaboración propia

**5.1.2 Gantt**

En el Gantt se deja la evidencia la línea que tiempo que lleva el inicio de esta metodología, la cual demora bastante tiempo antes de poderla llevar a la realidad, esto debido a la falta de presupuesto que se tiene para este tipo de empresas que trabajan bajo una figura de empresa semiautónoma, la cual no cuentan con presupuesto para investigación y desarrollo.

**Figura 13***Mapa de ruta del DMAIC*

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se observa la línea de tiempo que lleve el inicio de esta metodología, la cual se trabajó como una idea concepto, hasta antes del inicio de este proyecto para la cual ya paso de idea concepto a Metodología de Trabajo, ya que encierra todo un sistema de acciones con sentido a la disminución del hurto eléctrico pero también se trabaja en el seguimiento de sus datos de recuperación económica, permitiendo trabajar con números reales y de sustentabilidad económica que ayudan en la toma consiente y practica de decisiones.

### 5.1.3 Acta de Proyecto

Esta herramienta permite la creación de un documento formal que establece y autoriza un proyecto. Este documento proporciona el detalle de aspectos fundamentales del proyecto, permitiendo esclarecer el problema a tratar, la meta del proyecto, definir objetivos, el alcance, los roles y responsabilidades, por mencionar algunos detalles claves del proyecto.

Figura 14

## Acta de Proyecto

Acta de Proyecto																					
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>		<b>MIEMBROS DE EQUIPO</b>																			
Implementación de una reestructuración para mejorar la metodología utilizada para la revisión de hurtos eléctricos en el proceso de pérdidas eléctricas de la ESPH S.A.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>DEPARTAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Luis Salas</td> <td>Dirección SCM</td> </tr> <tr> <td>Alvaro Brenes</td> <td>OTM</td> </tr> <tr> <td>Alexander Ureña</td> <td>OTM</td> </tr> <tr> <td>Diego Perez</td> <td>CPE</td> </tr> <tr> <td>Armando Laguna</td> <td>CPE</td> </tr> <tr> <td>Dannery Alfaro</td> <td>CPE</td> </tr> <tr> <td>William Mejias</td> <td>CPE</td> </tr> <tr> <td>Luis Salazar</td> <td>CPE</td> </tr> </tbody> </table>		NOMBRE	DEPARTAMENTO	Luis Salas	Dirección SCM	Alvaro Brenes	OTM	Alexander Ureña	OTM	Diego Perez	CPE	Armando Laguna	CPE	Dannery Alfaro	CPE	William Mejias	CPE	Luis Salazar	CPE
NOMBRE	DEPARTAMENTO																				
Luis Salas	Dirección SCM																				
Alvaro Brenes	OTM																				
Alexander Ureña	OTM																				
Diego Perez	CPE																				
Armando Laguna	CPE																				
Dannery Alfaro	CPE																				
William Mejias	CPE																				
Luis Salazar	CPE																				
<b>CASO DE NEGOCIO</b>		<b>DUEÑO DE PROCESO</b>																			
En la actualidad se utiliza un método de trabajo que presenta limitaciones en la detección de hurtos eléctricos, resultando en pérdidas económicas y operativas a la ESPH S.A., lo cual ha provocado que conforme pasan los años se observa un crecimiento paulatino de las pérdidas eléctricas. La reestructuración propuesta permitirá una detección efectiva, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia operativa, consiguiendo una recuperación económica por la mejora en el método de detección de hurtos eléctricos.		PATROCINADOR Experto del Proceso Encargado de equipo Miembros de equipo																			
<b>LÍDER DE PROYECTO</b>		<b>PARTES INTERESADAS DEL PROYECTO (STAKEHOLDERS)</b>																			
Alvaro Brenes Estrada		Dirección del área de Servicio al Cliente y Mercadeo (Comercialización). Dirección de Energía Eléctrica. Líder área de Operaciones Técnicas en Medición (OTM). Supervisor del área OTM. Equipo técnico del proceso de Control de Perdidas Eléctricas de OTM. Personal del área OTM. Área de Gestión Cobranzas.																			
<b>DECLARACIÓN DEL PROBLEMA/OPORTUNIDAD</b>		<b>META DEL PROYECTO</b>																			
El incremento en el hurto eléctrico viene creciendo en los últimos años de forma escalonada y la cantidad de hurtos detectado es menor. Se tenía la expectativa errónea que los ilícitos habían disminuido, pero el problema real es que el método de trabajo que se utiliza actualmente es obsoleto, debido a que el hurto eléctrico ha cambiado porque utilizan métodos de la mano con el avance tecnológico. Al observar las perdidas eléctricas de los últimos años se ve un crecimiento escalonado y en base a lo que se indica en la teórica eléctrica se esta asumiendo que es provocado por el hurto eléctrico. Las perdidas electricas técnicas se catalogan que en la ESPH S.A. deben rondar en el orden del 5% y actualmente están en el 7%, lo que se atribuye que esa diferencia se esta asumiendo que es por temas de hurto eléctrico y otro tipo de pérdidas no técnicas las cuales no se verán en este proyecto, por eso se tiene el enfoque de disminuir las perdidas en un 1% que sera por medio de la nueva metodología MedPE.		Reducción del 1% de las perdidas eléctricas por hurto.																			
<b>BENEFICIOS FINANCIEROS ESPERADOS</b>		<b>ALCANCE, LIMITACIONES, SUPUESTOS DEL PROYECTO</b>																			
Reduccion del 1% de las perdidas electricas		Alcance: Este proyecto tiene el alcance de implmentar una nueva metodología de trabajo que facilite la deteccion de hurtos eléctricos. Limitaciones: Cuenta con la limitacion de recursos economicos para la implementacion del 100% del proyecto, se debe realizar uns implementación por etapas. Supuestos: Se supone que las perdidas electricas por hurto debe rondar superior al 2% del total de perdidas, pero en este proyecto se tiene un enfoque de una recuperacion del 1%.																			
<b>PLAN PRELIMINAR</b>		<b>PREPARADO POR:</b>																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ETAPA</th> <th>FECHA PLANEADA</th> <th>FECHA REAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DEFINIR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MEDIR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ANALIZAR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>IMPLEMENTAR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTROLAR</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ETAPA	FECHA PLANEADA	FECHA REAL	DEFINIR			MEDIR			ANALIZAR			IMPLEMENTAR			CONTROLAR			Alvaro BrenesEstrada FECHA: 10/11/2023 FIRMA:	
ETAPA	FECHA PLANEADA	FECHA REAL																			
DEFINIR																					
MEDIR																					
ANALIZAR																					
IMPLEMENTAR																					
CONTROLAR																					
		<b>APROBADO POR:</b>																			
		Alexander Ureña FECHA: 11/11/2023 FIRMA:																			
Fase de Medición completada en:																					
¿Se revisaron las metas después de completar la fase de medición?																					
revisaron los beneficios financieros después de completar la fase de medic																					

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 IMPLEMENTACION

### 5.2.1 Plan de comunicación

Se utilizó el plan de comunicación como herramienta, según lo que se definió en el stakeholders para poder definir la información que se entregara a cada parte y la forma en la que se entregara junto con su periodicidad.

#### *Figura 15*

#### *Plan de comunicación*

PLAN DE COMUNICACIÓN						
#	Información a Entregar (Qué)	Destinatarios (A Quién)	Método de Entrega (Cómo)	Frecuencia de Entrega (Cuándo)	Responsable (Quién)	Estatus
1	Avance de las etapas del proyecto	Director SCM	Email	Mensual	Alvaro Brenes	Programado
2	Detalle técnico de las mejoras	Director Energía	Email	Según sea necesario	Alvaro Brenes	Programado
3	Avance detallado del proyecto	Líder SCM	Reunión	Semanal	Alvaro Brenes	Programado
4	Avance detallado del proyecto	Miembros del equipo	Reunión	Semanal	Alvaro Brenes	Programado
5	Generalidades del proyecto	Personal de OTM	Reunión	Al cierre de fase	Alvaro Brenes	Pendiente
6	Avance en la detección de hurtos y el reporte de cobro	Personal de Gestión Cobranzas	Reunión	Al cierre de fase	Alvaro Brenes	Pendiente
7						

Fuente: Elaboración propia

## 5.3 PROPUESTA DE LA SOLUCION

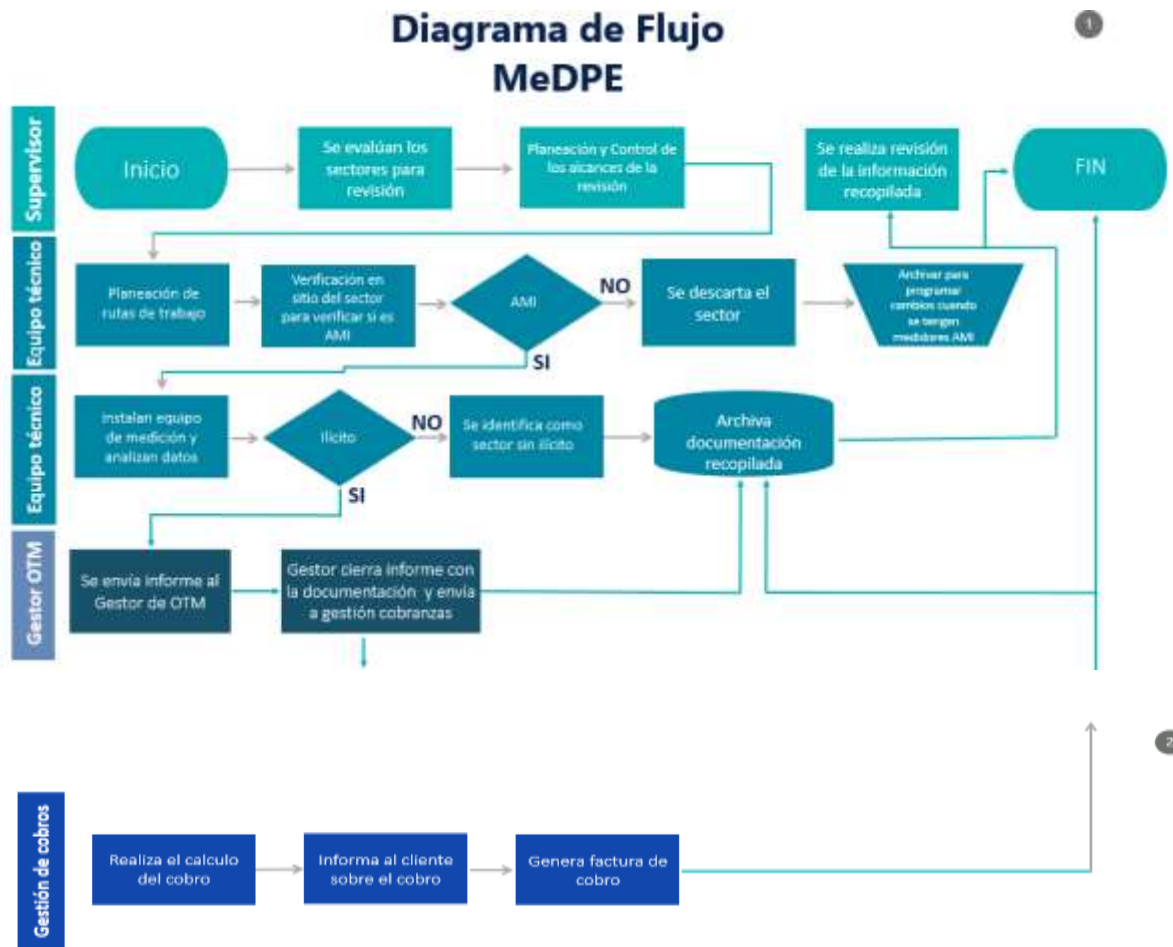
### 5.3.1 Mapa de proceso propuesto

En este nuevo flujo de trabajo se está evidenciando un panorama de trabajo más ordenado y estandarizado. Demostrando un proceso de trabajo donde se trabajan con los respectivos controles y el involucramiento de otros sectores de la misma área y a otros departamentos, lo anterior con el fin de obtener los datos de todos los eslabones hasta llegar al final del proceso en el cobro de los hurtos eléctricos.

En base a la información recopilada en el proceso se podrá contar con los montos de recuperación económicos y en paralelo tener robustez de la integridad de cada parte del proceso porque se cuenta con un monitoreo del mismo.

Figura 16

Mapa de proceso actual



Fuente: Elaboración propia

## 5.4 ANALISIS ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN

En esta cuarta sección se realiza el análisis económico para la implementación de las propuestas planteadas, se realizó el análisis de los indicadores financieros: TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Retorno, TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto) y el B/C (Costo-beneficio).

Los indicadores mencionados, proporcionan información importante sobre la viabilidad y rentabilidad de una inversión.

### 5.4.1 Costos de implementación

De acuerdo con la propuesta de mejora planteada, se realiza el análisis del costo de inversión que deberá incurrir la empresa.

En este punto se detalla el precio por punto de medición, que cada sector debe llevar, a continuación, se detalla el precio.

**Tabla 11**

*Costo de los equipos por punto de medición*

<b>Costos de implementación por punto de medición</b>		
<b>Materiales primarios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo por punto de medición</b>
Medidor 3-S	1	₪32 000,00
Base medidor	1	₪16 000,00
<b>TC núcleo abierto</b>	1	<b>₪48 000,00</b>
Total por punto de medición		<b>₪96 000,00</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el costo de cada punto de medición a instalar, se debe tomar en cuenta que son en total 2000 sectores que se deben medir para abarcar todo el proyecto.

Fuente: Elaboración propia (2024)

**Tabla 12**

*Costo de mano de obra por instalación de punto de medición*

<b>Tiempo efectivo de trabajo (minutos)</b>	<b>Costo por instalación</b>	<b>Total</b>
<b>30</b>	<b>38 000,00</b>	<b>₪ 38 000,00</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el costo de cada punto de medición a instalar, se debe tomar en cuenta que son en total 2000 sectores que se deben medir para abarcar todo el proyecto.

Fuente: Elaboración propia (2024)

**Tabla 13***Creación de sistema informativo para interpretación de datos*

<b>Actividad</b>	<b>Precio total</b>
Análisis y Diseño	\$4 400,00
Seguridad y Accesos	\$2 439,00
Gestión de Grupos de Medidores	\$5 595,00
Procesamiento y Consolidación de Datos	\$5 797,00
Integraciones	\$4 505,00
Consultas y Reportes	\$8 718,00
SUBTOTAL:	\$31 454,00
Impuesto al Valor Agregado 13%	\$4 089,02
<b>TOTAL:</b>	<b>\$35 543,02</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el costo de implementación de todo el proyecto en lo referente a la creación del sistema informático necesario para la interpretación de los datos de forma automática.

Fuente: Elaboración propia (2024)

**Tabla 14***Costo total del proyecto*

<b>Actividad</b>	<b>Precio total</b>
Costo total por punto de medición	₡192 000 000,00
Costo total de mano de obra	₡76 000 000,00
Costo total del software	₡18 837 800,60
<b>TOTAL:</b>	<b>₡286 837 800,60</b>

Nota. En esta tabla se representa en detalle el costo de implementación de todo el proyecto en lo referente a la creación del sistema informático necesario para la interpretación de los datos de forma automática.

Fuente: Elaboración propia (2024)

#### **5.4.2 Análisis gastos actuales y comparación con el gasto propuesto**

Se realiza un análisis de acuerdo a lo que representan las pérdidas atribuidas al hurto eléctrico en base a los datos suministrados por el departamento de energía de la ESPH S.A., según las simulaciones que realiza esta área se indica que lo máximo atribuible a pérdidas técnicas no debe superar el 4.0%, ya que en las simulaciones y cálculos teóricos

siempre arrojan datos que oscilan en el 3.5% a 4.0%. Lo cual esta área de energía a fijado el cálculo de las pérdidas técnicas en un 4.0% y el resto es atribuido a pérdidas no técnicas.

**Tabla 15**

*Costo total de las pérdidas eléctricas*

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Perdidas anuales	7,63%	7,82%	7,72%	7,53%	7,37%
Ventas totales kWh	557 003 645	567 136 004	578 983 158	574 447 244	565 720 679
Ventas totales en colones	₡ 43 167 782 487,50	₡43 953 040 310,00	₡44 871 194 745,00	₡44 519 661 410,00	₡43 843 352 622,50
Perdidas totales kwh	42 499 378	44 350 036	44 697 500	43 255 877	41 693 614
Costo perdidas totales en colones	₡ 3 293 701 803,80	₡ 3 437 127 752,24	₡ 3 464 056 234,31	₡ 3 352 330 504,17	₡ 3 231 255 088,28

Año	2019	2020	2021	2022
Perdidas anuales	7,78%	7,20%	6,94%	6,92%
Ventas totales kWh	593 379 129	573 067 739	587 160 585	612 394 365
Ventas totales en colones	₡ 45 986 882 497,50	₡44 412 749 772,50	₡45 504 945 337,50	₡47 460 563 287,50
Perdidas totales kwh	46 164 896	41 260 877	40 748 945	42 377 690
Costo perdidas totales en colones	₡ 3 577 779 458,31	₡ 3 197 717 983,62	₡ 3 158 043 206,42	₡ 3 284 270 979,50

Nota. En esta tabla se representa en detalle las ventas en kWh y colones al igual que las pérdidas eléctricas técnicas y no técnicas.

Fuente: Registros Energía E.S.P.H. S.A. (2023)

Según la información de la tabla 15 se observa el detalle de las pérdidas técnicas y no técnicas, para una empresa distribuidora tanto a nivel nacional como internacional se puede decir que está dentro de un margen aceptable. La ARESEP puede llegar a reconocer hasta un 8% de las pérdidas de las empresas distribuidoras, ya que de un 8% para abajo se considera un excelente comportamiento, por eso en la ESPH S.A. esto ha sido un dato manejable en el transcurso de los años, pero se ha dado un cambio de mentalidad desde la alta gerencia donde se ha visto la necesidad de volver a la empresa en un ente eficiente y que lo que se pueda mejorar se debe mejorar, cobrar en las tarifas lo que sea justo para los clientes y no quedarse con la solución que esas pérdidas están siendo reconocidas y cargadas en las tarifas.

**Tabla 16***Calculo del costo de las perdidas eléctricas no técnicas*

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Perdidas anuales	7,63%	7,82%	7,72%	7,53%	7,37%
Perdidas totales kwh	42 499 378	44 350 036	44 697 500	43 255 877	41 693 614
Perdidas estimadas No Técnicas	3,63%	3,82%	3,72%	3,53%	3,37%
Perdidas No Tecnicas kwh	1 542 727	1 694 171	1 662 747	1 526 932	1 405 075
Costo perdidas No Técnicas en colones	₡ 119 561 375,48	₡ 131 298 280,14	₡ 128 862 891,92	₡ 118 337 266,80	₡ 108 893 296,47

Año	2019	2020	2021	2022
Perdidas anuales	7,78%	7,20%	6,94%	6,92%
Perdidas totales kwh	46 164 896	41 260 877	40 748 945	42 377 690
Perdidas estimadas No Técnicas	3,78%	3,20%	2,94%	2,92%
Perdidas No Tecnicas kwh	1 745 033	1 320 348	1 198 019	1 237 429
Costo perdidas No Técnicas en colones	₡ 135 240 063,52	₡ 102 326 975,48	₡ 92 846 470,27	₡ 95 900 712,60

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la tabla 16 se muestra el detalle de lo referente solo a las perdidas eléctricas y se enfatiza el monto económico de las pérdidas no técnicas y el monto que se calcula que le están costando a la ESPH.

De las pérdidas eléctricas que se observan en la tabla siguiente, se indica que el año 2022 ha sido el que ha presentado el valor más bajo registrado, el cual en lo referente a las pérdidas no técnicas se asume que sea cercano al 2,92%, se utilizara este para realizar la comparación del gasto versus la inversión.

**Tabla 17***Comparación del costo económico de ambos métodos*

Detalle	Costo
Costo de las Pérdidas no Técnicas año 2022	₡ 95 900 712,60
Costo de la implementación de la metodología MeDPE	₡ 286 837 800,60
Costo implementación versus recuperación	33,4%

Fuente: Elaboración propia (2024)

Según la tabla 17 evidencia que el proyecto en promedio se recupera la inversión en aproximado tres años, el cual se paga con el ahorro de las perdidas eléctricas no técnicas.

Después de esos tres años estas pasarían a nuevos ingresos ya que la energía podría facturarse y dejaría de ser percibida como pérdidas no técnicas.

Esta sería una solución que se propone implementar en tres años, ya desde el primer año de implementación se lograría iniciar con una recuperación de los ingresos conforme se vayan erradicando los hurtos eléctricos detectados.

Se podría también indicar que este proyecto tiene una recuperación anual de costo en pérdidas económicas evitadas, que serían las pérdidas de cada año, si esto se hubiera implementado desde el año 2014 a la fecha del año 2022 se hubieran evitado pérdidas económicas cuantiosas, debido en su gran mayoría al hurto eléctrico, podrían rondar en más de los mil millones de colones en el lapso de esos nueve años, se puede validar que su inversión se recupera en tres años aproximadamente y sus ganancias sería el costo evitado de las pérdidas que se mantienen oscilantes en un mismo rango.

*Tabla 18*

*Estimación de pérdidas eléctricas no técnicas para los próximos 5 años*

Periodo	Perdidas actuales	Factor
0	₡ -	0%
1	₡ 95 900 712,00	
2	₡ 95 900 712,00	
3	₡ 95 900 712,00	
4	₡ 95 900 712,00	
5	₡ 95 900 712,00	
Total	₡ 479 503 560,00	

Fuente: Elaboración propia (2024)

El total de las Pérdidas no Técnicas estimadas para los siguientes cinco periodos se estima cercana a los quinientos millones de colones, a esto no se le dio un factor de aumento ya que las pérdidas se mantienen oscilantes, adicional se estimó el monto con el dato del año 2022 que fue el más bajo que se registró, lo anterior para ser un poco más discreto el monto que se estime de recuperación.

Si no se realizan las mejoras planteadas las pérdidas económicas por este monto van a ser un gasto que afecte las finanzas de la empresa de forma constante, por eso la importancia de la implementación.

En la tabla 19 se realiza una estimación de cuál sería el escenario de las Pérdidas no Técnicas en un periodo posterior a los 5 años de haber implementado el proyecto, lo anterior, partiendo de una estimación discreta del monto más bajo de los últimos nueve años, ya que si observamos los datos de las pérdidas de años anteriores están por encima de la estimación, pero se optó por dar números menores para no irse tan arriba en la expectativa del proyecto.

**Tabla 19**

*Estimación de pérdidas eléctricas no técnicas con la mejora de implementación propuesta*

Periodo	Perdidas actuales	Factor
0	-₡ 286 837 801,00	0%
1	₡ 95 900 712,00	
2	₡ 95 900 712,00	
3	₡ 95 900 712,00	
4	₡ 9 590 071,20	
5	₡ 9 590 071,20	
Total	₡ 20 044 477,40	

Fuente: Elaboración propia (2024)

La tabla 19 se indica la recuperación de las pérdidas eléctricas que se sugiere como parte del plan de implementación, estos gastos parten de la inversión total del costo del proyecto que serán destinada a realizar las actividades de la propuesta de mejora, esta es una implementación rápida la cual la disminución de las pérdidas va a ir en base a la implementación del proyecto que se sugiere sea a tres años como plazo máximo en un escenario conservador, pero este puede ser implementando con una adecuada planeación en dos años.

Explicando los datos, se inicia con la inversión del proyecto y se le van restando los montos de los tres años propuestos para la implementación, lo cual para los años cuatro y cinco el monto no se deja en cero para dejar un margen de pérdidas que no sean atribuibles al robo o hasta por problemas de facturación, se fija a criterio dejar un monto del 10% en las pérdidas no técnicas para tener un escenario más real para evaluarlo contra los datos de la tabla 9, lo cual se disminuiría en un periodo de 5 años un 96% del monto que se estimó de esa tabla, disminuyendo las pérdidas a un monto aproximado a los veinte millones de colones en ese mismo periodo de tiempo, dejando muy claras las ventajas de implementar esta nueva metodología de trabajo.

### 5.4.3 Cálculo de los indicadores financieros VAN, TIR, TMAR y B/C

Según el análisis realizado de forma anterior, se determinó que la inversión total para la implementación de la propuesta de mejora es ¢ 286 837 800,60 con base en ello, se realiza el análisis de los indicadores financieros para analizar la rentabilidad del mismo.

#### 5.4.3.1 Cálculo de la TMAR

La TMAR corresponde a la Tasa Mínima de Retorno, esta tasa refleja el costo de oportunidad de los fondos y el riesgo que conllevan los proyectos. Se presenta el análisis económico realizado para el cálculo de la TMAR.

**Tabla 20**

*Cálculo de TMAR sin financiamiento*

TMAR	
Año	Inflación
2020	0,89%
2021	3,30%
2022	7,88%
2023	-1,77%
2024	3,42%
Promedio inflación (f)	2,74%
Premio al riesgo (i)	6%
<b>TMAR</b>	<b>8,91%</b>

Fuente: Elaboración propia (2024)

El indicador financiero de la TMAR mostro un porcentaje de 8.91%, este resultado, se obtiene a partir del promedio ponderado de la inflación del año 2020 al año 2024 el cual fue de 2.74% y el porcentaje de premio al riesgo anual de 6%, este fue dado por el área de administración de evaluación de proyectos de la ESPH S.A. Este resultado de la TMAR es sin financiamiento al proyecto, en caso que se realice con recursos propios.

**Tabla 21***Cálculo de TMAR con financiamiento*

Concepto	Porcentaje	Monto
Recursos propios	0	0
Credito financiero	100%	₡ 286 837 800,60
Tasa de interes anual	7%	
Tasa libre de riesgo	6%	
Inflación promedio	2,74%	
TMAR	7%	

Fuente: Elaboración propia (2024)

La tabla 21 muestra el resultado de la TMAR calculada con financiamiento al proyecto del 100%, en caso que se realice con recursos de préstamo. Esta decisión ya la debe tomar el área de ejecución de proyectos de la empresa que es la que se encarga de determinar cómo inyectan los recursos a cada proyecto.

Para captar los ingresos económicos de este proyecto se va a incluir en las tarifas de los clientes de la E.S.P.H. S.A., esto mediante la aprobación de la ARESEP para la inclusión de este rubro. Se debe analizar si esto se incluirá en tarifas por el tiempo del proyecto o por cuanto tiempo lo determinaran en dicha área.

#### Calculo del VAN y TIR

Se realiza a continuación, el análisis del Valor Actual Neto con el fin de determinar si la propuesta de mejora planteada para la ESPH S.A. es rentable. También se realiza el cálculo de la Tasa Interna de Retorno, esta tasa permitirá medir la rentabilidad esperada de la inversión.

**Tabla 22**

Calculo VAN y TIR

<b>Flujos de efectivo</b>			
<b>Año</b>	<b>Egresos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Efectivo Neto</b>
1	₺ 95 612 600,20	₺ 86 310 640,80	-₺ 9 301 959,40
2	₺ 95 612 600,20	₺ 86 310 640,80	-₺ 9 301 959,40
3	₺ 95 612 600,20	₺ 86 310 640,80	-₺ 9 301 959,40
4	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
5	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
6	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
7	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
8	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
9	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
10	₺ -	₺ 86 310 640,80	₺ 86 310 640,80
<b>Total</b>	<b>₺ 286 837 800,60</b>	<b>₺ 863 106 408,00</b>	<b>₺ 576 268 607,40</b>

<b>TMAR</b>	<b>7%</b>
-------------	-----------

<b>Calculo VAN y TIR</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor obtenido</b>
VAN	₺270 496 081,12
TIR	10%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la tabla 22 se indican los costos de implementación que son la totalidad de los egresos para la ejecución del proyecto, que se estima en una finalización de tres años o dependiendo de la valoración financiera cabe la posibilidad de la implementación toda en un mismo año, pero los cálculos se realizan con el planteamiento estipulado en un inicio, también observamos los ingresos que esos se iniciarían a ver desde el inicio del proyecto y el flujo de efectivo que en los primeros años es negativo por el monto que se estimó de recuperación, siempre dejando que podría quedar un 10% de esas Pérdidas no Técnicas sin poderlas eliminar por los factores mencionados anteriormente, al final observamos los

valores obtenidos del VAN y TIR debidamente especificados los cuales son necesarios para analizar la rentabilidad del proyecto.

#### 5.4.3.2 Análisis Costo/Beneficio

El análisis de costo-beneficio se realizó mediante la obtención del VAN tanto de los gastos actuales como los propuestos y los flujos de efectivo respectivos.

**Tabla 23**

*Análisis Costo/Beneficio*

<b>Flujos de efectivo</b>			
<b>Año</b>	<b>Egresos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Efectivo Neto</b>
1	₱ 95 612 600,20	₱ 86 310 640,80	-₱ 9 301 959,40
2	₱ 95 612 600,20	₱ 86 310 640,80	-₱ 9 301 959,40
3	₱ 95 612 600,20	₱ 86 310 640,80	-₱ 9 301 959,40
4	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
5	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
6	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
7	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
8	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
9	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
10	₱ -	₱ 86 310 640,80	₱ 86 310 640,80
<b>Total</b>	<b>₱ 286 837 800,60</b>	<b>₱ 863 106 408,00</b>	<b>₱ 576 268 607,40</b>

<b>Calculo Costo/Beneficio</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
<b>VAN Ingresos</b>	₱806 641 502,80
<b>VAN Egresos</b>	₱268 072 710,84
<b>VAN Egresos + Inversion</b>	₱ 554 910 511,44
<b>Costo-Beneficio</b>	<b>1,45</b>

Fuente: Elaboración propia (2024)

Análisis

<b>Análisis</b>	
Sí B/C es $\geq 1$	Es viable
Sí B/C es $< 1$	No es viable
TIR $\geq$ TMAR	Es viable
TIR $<$ TMAR	No es viable

La TMAR para este proyecto vamos a utilizar la que obtuvimos con si el proyecto se va a ejecutar con financiamiento, aunque la TMAR sin financiamiento e igual forma nos da un valor aceptable en cualquiera de los panoramas, ya que esta fue de 7% y la TIR dio un valor de 10%, lo cual al ser mayor que la TMAR, el proyecto se considera viable. De acuerdo con el VAN se determina que el proyecto es rentable por un valor de ¢ 270 496 081,12. Finalmente, el análisis de costo beneficio nos da un valor de 1,45%, lo que evidencia que después de considerar la inversión inicial, el proyecto generará porcentualmente un beneficio neto aproximado de este monto.

Cabe resaltar el detalle que esto se analiza con la proyección de 10 años, pero las ganancias del proyecto van a seguir ya que el equipo de medición por sugerencia de los proveedores debería ser reemplazar cada treinta años, lo cual es un tiempo bastante amplio de funcionamiento y adicional no conlleva ningún tipo de mantenimiento preventivo, sería solo correctivo en caso que un medidor se dañó por rayería, pero la probabilidad de ese evento es relativamente baja.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

Se detallan las conclusiones obtenidas durante la elaboración del proyecto realizado en el departamento de Operaciones Técnicas en Medición de la ESPH S.A. en el primer cuatrimestre del 2024.

Conclusión del objetivo 1: Definir las etapas de los procesos involucrados en la revisión de los hurtos eléctricos para evidenciar la ineficiencia en la metodología de trabajo actual, se concluye:

Se identifica la situación actual y todos los procesos involucrados que esta labor encierra, adicional se analizan las variables que se encuentran en el método de trabajo de la revisión de los ilícitos, con el objetivo de validar el grado de eficiencia que se tiene en el momento de localizarlos por parte del área encargada. Esto abarca el diagnóstico de la metodología de trabajo que es utilizada en la actualidad, la cual muestra ineficiencia en el procedimiento de trabajo, el cual pasa la factura debido a que la cantidad de hurtos que se detectan es muy baja y no contribuye al aumento en la detección de las pérdidas no técnicas, la cual en su gran mayoría provocas por el hurto eléctrico. Se realizó un análisis para determinar las ventajas de la metodología MeDPE versus la metodología actual de trabajo.

Se establece una de las mejoras más significativas que es el aprovechamiento de la tecnología en el aumento significativo en la localización de los ilícitos, ya que se puede indicar con toda certeza que la nueva metodología mejora por mucho la eficiencia en el trabajo en la detección de hurtos generando una confiabilidad enorme.

Conclusión del objetivo 2: Recopilar información de las actividades del proceso e identificar los trabajos y costos asociados a la operación en la revisión de hurtos eléctricos para documentar las mejoras que se planteen, se concluye:

La recopilación y la identificación de las actividades de esta primera etapa es de gran importancia para lograr una adecuada eficiencia y a la vez lograr una efectividad de la empresa en el tema de la localización efectiva de la detección de hurtos eléctricos y por ende la disminución de estos. Con la realización de este proyecto, se ha logrado documentar y demostrar que la metodología actual de trabajo presenta muchas áreas que tienen enormes debilidades, debido a la brecha entre el método de trabajo y el avance tecnológico el cual no han ido de la mano. En este proyecto se construido y probado un método novedoso para la reestructuración de la metodología de trabajo, que ha incorporado la tecnología, logrando volverla aliada en la eficiente localización de los hurtos y con ello disminuir los porcentajes de pérdidas eléctricas logrando una retribución económica muy importante a la ESPH.S.A.

La implementación de la reestructuración propuesta permitirá adicional a la reducción de las pérdidas eléctricas, una mejora en la utilización de los recursos destinados por la ESPH S.A para este fin, como lo es el uso del tiempo del personal en labores de mayor productividad y que generen un valor agregado más cuantioso al actual. Al realizar una reestructuración se establecerán las bases para un proceso adaptable, con capacidad para responder a los cambios del futuro y con mayor agilidad y una capacidad de respuesta más de acorde a las exigencias actuales, permitiendo una constante evaluación de los procedimientos para realizar los ajustes a tiempo.

Conclusión del objetivo 3: Analizar el diagnóstico situacional de la metodología actual de trabajo mediante la causa raíz en la detección de hurtos eléctricos, se concluye:

La implementación de esta segunda etapa es de gran importancia para lograr establecer la metodología MeDPE, con este objetivo se logra evidenciar que el

proceso de detección actual de los hurtos eléctricos es muy ineficiente, ya que genera mucha inversión de recursos tanto económicos como de personal, con una recuperación económica muy baja y no tiene aporte en la disminución de las pérdidas eléctricas no técnicas, ya que los datos lo evidencian de forma clara.

También queda evidenciado que la reestructuración en el proceso con la nueva metodología de trabajo deja enormes ganancias y una alta eficiencia en la detección de los hurtos eléctricos. Con esta implementación se logrará a futuro tener controlado de forma eficiente el tema del hurto eléctrico como abordaje principal del proyecto y adicional podrá aportar un alto valor a otras áreas de la empresa, ya que con esos datos podrán monitorear la calidad de la energía, la localización de averías en sectores y poder darle prioridad según sea el caso, la cargabilidad de los transformadores, las pérdidas eléctricas técnicas, esto por mencionar algunos que pueden ser aprovechados por la implementación de este proyecto.

Conclusión del objetivo 4: Implementar un plan de acción que proponga herramientas o guías específicas que ayuden a generar una metodología de trabajo nueva, para eliminar la ineficiencia en la revisión de hurtos eléctricos, se concluye:

Se logra cumplir con el objetivo planteado ya que mediante las diferentes herramientas empleadas se logra definir los roles de los interesados en el proyecto para tener claro cuando este se ejecute la importancia de crear un canal de información interactivo que puedan acceder y estar viendo el avance del proyecto y los resultados obtenidos en el mismo en tiempo real para que se logren ir entregando de forma adecuada el cumplimiento de las expectativas planteadas en el mismo.

Cuando este implementado el proyecto se creará en la base de datos el respaldo de los datos y el procedimiento de control, esto se realizará en la primera etapa de

implementación que sería en el primer trimestre cuando se dé el banderazo de salida de forma oficial.

Se logra evidenciar de forma clara una de las actividades planteadas más importantes que es definir los costos y realizar los comparativos de los métodos, tanto el actual como el propuesto para avanzar hacia los parámetros económicos principales que indicaron la viabilidad del proyecto y el tiempo de recuperación del mismo, el cual es alentador ya que puede llegar a verse la retribución económica de forma en la que se inicie con la implementación, se puede aseverar que en el primer trimestre de implementación ya se observaría la retribución económica y la eficiencia en el monitoreo, por eso la importancia de todo un plan de acción de controles ya que serán lo que indiquen de forma clara cómo evoluciona la implementación del mismo.

Conclusión del objetivo 5: Controlar de forma adecuada los indicadores establecidos que permitan una alerta anticipada en caso del aumento de las Pérdidas Eléctricas no Técnicas debido al hurto de electricidad, se concluye:

Se elaboró un formulario digital que se encarga de suministrar los insumos para el monitoreo y control en la nueva metodología de trabajo MeDPE, dando espacio al monitoreo en tiempo y forma adecuada a las pérdidas no técnicas para realizar las comparativas pertinentes e ir realizando ajustes en caso que se requiera con el objetivo de que los umbrales de pérdidas eléctricas establecidos se mantengan adecuadamente.

Lo anterior es la base para que todo el análisis de costo/beneficio de la propuesta de la nueva metodología de trabajo y el retorno sobre la inversión sea igual o mejor a lo indicado en las tablas de análisis económico.

La propuesta de reestructuración representa una inversión estratégica que aportará beneficios económicos y operativos que generaran un gran aporte a la ESPH. La mejora en la metodología actual del proceso de pérdidas eléctricas no técnicas no solo es una necesidad inmediata, sino que también posiciona a la empresa en un lugar competitivo dentro del sector, preparada para enfrentar futuros desafíos y afrontar las demandas del mercado.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Después de elaborar el diagnóstico situacional de la metodología de trabajo que se implementa en el proceso de pérdidas eléctricas se identifican varias áreas de mejora que estarían dando un incremento en el rendimiento y la eficiencia del sistema.

Dentro de las principales recomendaciones en este punto, se indica que se implemente la medición inteligente en los sectores para lograr el monitoreo en tiempo real de las pérdidas para abordar las mismas y facilitar la identificación rápida de los hurtos eléctricos y reducir el tiempo de respuesta para la recuperación de la energía eléctrica que está siendo consumida de forma ilícita por los clientes.

Adicional a esto se puede implementar el análisis de datos y modelos predictivos en los que se logre anticipar las zonas con mayor probabilidad de hurto eléctrico, permitiendo una intervención activa y una gestión más eficiente de los recursos.

Se recomienda después de analizar la metodología actual en el proceso de pérdidas eléctricas de la ESPH S.A. la necesidad de una reestructuración para optimizar los procedimientos, que consiste en una implementación por etapas, siendo esta primera fundamental, ya que es donde se sientan las bases sólidas del nuevo proceso de trabajo y a partir de este punto se dé el camino hacia una gestión más eficiente.

En esta primera etapa de implementación se debe tener en cuenta el diagnóstico realizado en el proceso, el cual fue parte de este proyecto, se debe trabajar en la definición de objetivos claros y medibles para la reducción de las pérdidas eléctricas, alineando todos los esfuerzos hacia la visión estratégica de la empresa, junto con la divulgación hacia personal involucrado para que se logre un entendimiento y compromiso con lo implementado en este cambio de metodología de trabajo.

Adicional en esta segunda se recomienda la formación de un equipo de trabajo multidisciplinario donde se incluya personal de otras áreas que estén relacionados al proceso del hurto eléctrico, como lo son las áreas de gestión de cobros, el área jurídica, el área de energía eléctrica que se encarga de la instalación de los medidores, en fin evaluar los diferentes involucrados en gestiones de la empresa, ya que este proceso de control de las pérdidas eléctricas impacta directamente a las ingresos de la misma, que es fundamental para el sostenimiento de las finanzas saludables.

Se debe estar evaluando constantemente la nueva metodología MeDPE para que no suceda lo mismo que con el anterior método, que se fue quedando con el pasar de los años en algo obsoleto, este método propuesto al depender de la tecnología debe estar en constante evaluación y abierto a los ajustes que se requieran.

Después de evaluar el proceso de trabajo actual y realizar la propuesta e implementación de un piloto de la nueva metodología de trabajo MeDPE, se observa una mejora muy receptiva por parte del personal tanto técnico, como la parte de las jefaturas, pero este tipo de mejoras no deben ser subjetivas ya que para implementarse deben utilizarse recursos económicos y se debe ser responsable con las finanzas de la empresa. En base a esto se realizó el análisis costo-beneficio, donde se realizan las recomendaciones de la implementación factible del proyecto ya que la recuperación de la inversión se da en un lapso corto y adicional quedando para ser utilizado a lo largo de los años, ya que no va a

requerir reinversiones mientras las tecnologías no cambian y actualmente se diseñan los medidores de electricidad para que tengan un promedio de vida útil de 30 años, lo cual da un retorno de inversión muy provechoso y adicional va a evitar el crecimiento del hurto eléctrico, que es uno de los grandes problemas que presentado la ESPH S.A. a lo largo de estos últimos años.

Con esta etapa del costo-beneficio inicialmente se proyecta una inversión de retorno positiva y a corto plazo, lo cual se recomienda estar realizando reinversiones de esta recuperación, ya sea en mejoras tecnológicas, capacitación del personal, creación de un área de investigación y análisis de datos permitiendo a la empresa estar a la vanguardia en el tema de las pérdidas eléctricas y el hurto.

Se recomienda crear campañas de información a los clientes con el objetivo de concientizar sobre la gravedad del hurto eléctrico y sus consecuencias, para generar conciencia y que esta práctica sea cada vez menor y se pueda evitar el crecimiento que se viene dando por una cultura donde se fomenta el hurto. Por el contrario, es crear conciencia de ahorro eléctrico mediante buenas prácticas de consumo.

## **CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA**

Ben, A. (2018). *El método Seis Sigma*. epublibre.

Bravo, J. (2009). *Reingeniería de Negocios* (Primera). EDITORIAL EVOLUCIÓN S.A.

CNFL. (2023, agosto 30). *Medidores con tecnología “AMI”*.

<https://www.cnfl.go.cr/interes/informativo-general/publicaciones/medidores-con-tecnologia-ami>

Electricity Express. (2017, octubre 12). Robo de Electricidad Nos Afecta a Todos.

*Electricity Express No Deposit Energy Service.*

<https://www.electricityexpress.com/es/como-nos-afecta-el-robo-de-electricidad/>

ESPH S.A. (2020a). *Historia | ESPH*. esph-sa.com. <https://www.esph-sa.com/sobre-la-esph/historia>

ESPH S.A. (2020b). *Organigrama Institucional | ESPH*. esph-sa.com. <https://www.esph-sa.com/sobre-la-esph/filosofia-empresarial/organigrama-institucional>

ESPH S.A. (2020c). *Plan estratégico 2021-2025 | ESPH*. esph-sa.com. <https://www.esph-sa.com/sobre-la-esph/filosofia-empresarial/plan-estrategico-2021-2025>

Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA* (2.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Hodson, W. (2002). *Maynard-Manual del Ingeniero Industrial* (Cuarta, Vol. 1). McGraw-Hill.

INA. (s. f.). *Página Principal | Centro Virtual de Diseño y Desarrollo—INA-PIDTE*.

<https://www.ina-pidte.ac.cr>pdf>pdf-formulas>. Recuperado 26 de enero de 2024, de <https://www.ina-pidte.ac.cr/>

Jara, J. (2022). *Las Pérdidas de Energía Eléctrica*. CECACIER.

<https://www.cecacier.org/wp-content/uploads/2022/06/Perdidas-de-Energia-Junio-2022-1.pdf>

- Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2008). *Administración una Perspectiva Global y Empresarial* (14.<sup>a</sup> ed.). McGRAW-HILL.
- KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., & MALHOTRA, M. (2008). *Administración de Operaciones* (Octava). PEARSON EDUCACIÓN.
- LSS, I. (2024). *Lean Six Sigma 365* (Primera). Instituto de Certificación LSS.
- Madrigal, L. (2022). *Congreso aprueba penar con cárcel el hurto o compra de cable robado*. <https://delfino.cr/2022/12/congreso-aprueba-penar-con-carcel-el-hurto-o-compra-de-cable-robado>
- Quishpe, P., & Tapia, D. (2010). *Análisis técnico económico de las formas más comunes de contravenciones en el consumo de energía eléctrica* [bachelorThesis, Quito, 2010]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4754>
- Ramirez, P. (2021, febrero 9). *Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos / Economía 3*. Economía3. <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>
- Ramírez, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía* (3.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Romero Gaibor, E. H. (2017). *Implementación de un prototipo de medidor de energía residencial considerando las pérdidas no técnicas por hurto*. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8956>
- Sánchez, C. (2017). *Sistema de redes eléctricas antifraudes en una empresa distribuidora de energía eléctrica* [Master, Universidad APEC]. [https://catalogobiblioteca.unapec.edu.do/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=51696&query\\_desc=an%3A%2239441%22](https://catalogobiblioteca.unapec.edu.do/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=51696&query_desc=an%3A%2239441%22)

Tiempo, C. E. E. (2023, junio 7). *Enel Colombia recibió 4.000 denuncias de robo de energía en 2022 en Bogotá y la región*. El Tiempo.

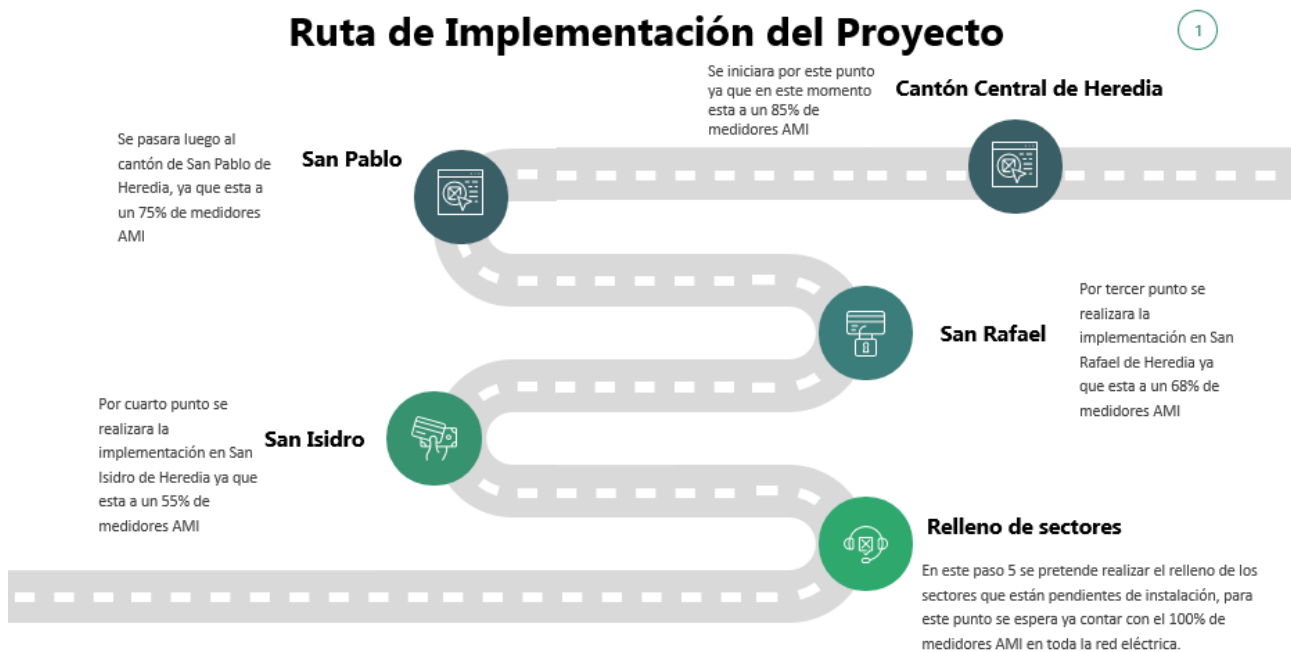
<https://www.eltiempo.com/bogota/robo-de-energia-se-reportaron-4-000-casos-en-2022-en-bogota-y-cundinamarca-775692>

## **CAPITULO VIII: ANEXOS**

## Ruta de implementación del proyecto

**Figura 17**

*Ruta de implementación del proyecto*



Fuente: Elaboración propia

## Cronograma de presentación del proyecto a la ESPH

**Figura 18**

*Cronograma de presentación del proyecto*



A lo largo de la implementación de la idea se fueron gestando diferentes reuniones y prueba las cuales no se plasman en este cronograma, ya que la idea de esta representación grafica se base en las reuniones que se desarrollaron cuando se conto con el aval de la Universidad Hispanoamérica para que esta idea diera espacio al proyecto de graduación. Se inicia con la exposición a las diferentes jerarquías según el mismo se fue avanzando hasta tomar la relevación final de un proyecto de una importación relevante para la ESPH.

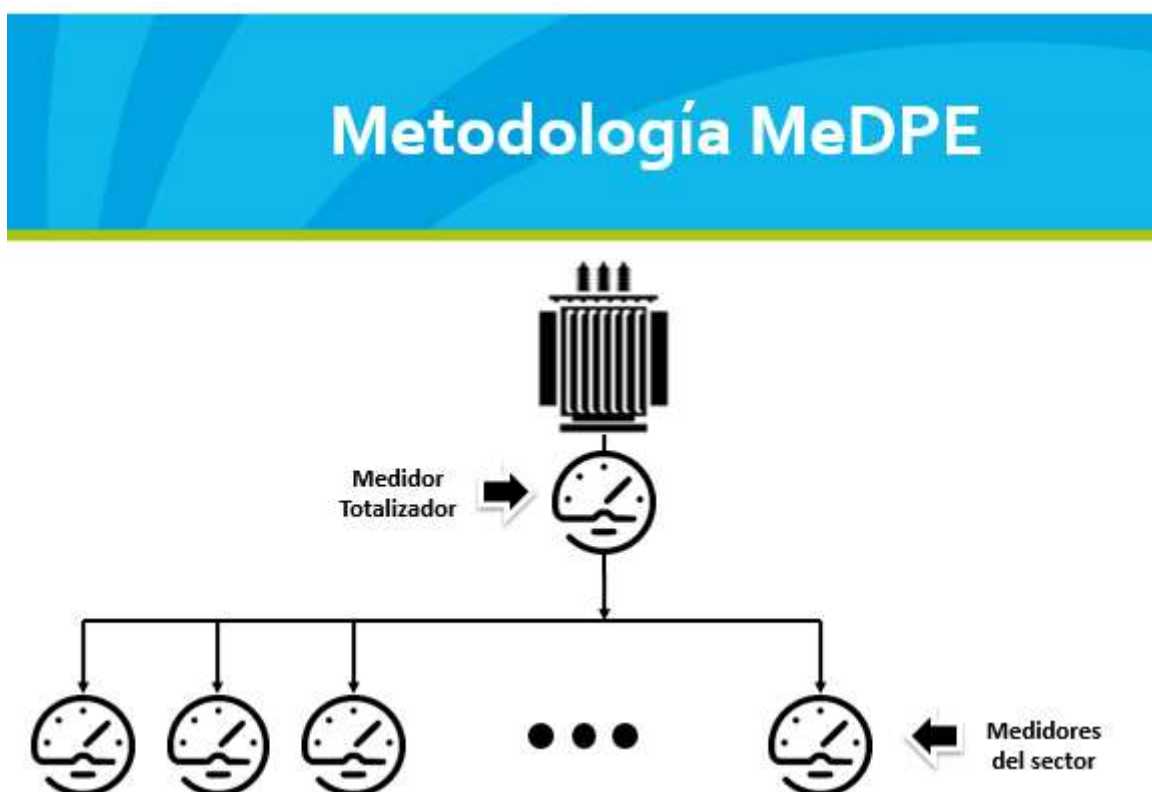
Fuente: Elaboración propia

## Metodología MeDPE

Explicada de forma muy sencilla, es la instalación de una medición en la salida de los transformadores eléctricos instalados en la red que alimentan los sectores residenciales y comerciales, con el dato de ese medidor se totaliza el total de la energía eléctrica suministrada y se comparan con los valores de los medidores del sector. Después de la comparación de los datos, se valida el comportamiento y el rango de las pérdidas eléctricas y se dictamina si existe un comportamiento normal o existe algún tipo de hurto en ese sector.

**Figura 19**

*Metodología MeDPE*



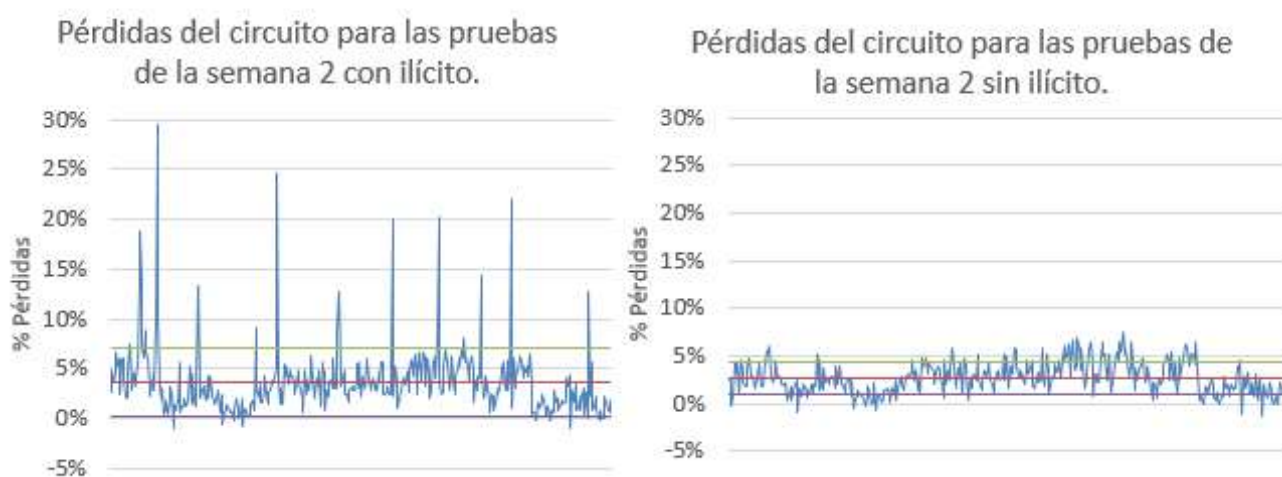
Fuente: Elaboración propia

Gráfico de una comparación de un sector con ilícito y sin ilícito

**Figura 20**

*Análisis de los datos del medidor totalizador*

## Análisis de los datos del medidor totalizador



Fuente: Elaboración propia