



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE ADMINISTRACIÓN

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

TEMA: “FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA MEDIDORES DE FLUJO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

AUTORES: JOSUÉ SEBASTIÁN CARPIO RIVAS

RICHARD GUSTAVO NARVÁEZ CORDERO

DIRECTOR: ECO. TITO MAX BANEGAS PEÑA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE ADMINISTRACIÓN

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

TEMA: “FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA MEDIDORES DE FLUJO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

AUTORES: JOSUÉ SEBASTIÁN CARPIO RIVAS

RICHARD GUSTAVO NARVÁEZ CORDERO.

DIRECTOR: ECO. TITO MAX BANEGAS PEÑA.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

**“FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS
PARA MEDIDORES DE FLUJO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD CUENCA, PROVINCIA
DEL AZUAY.”**

Josué Sebastián Carpio Rivas

Richard Gustavo Narváez Cordero

Universidad Católica de Cuenca

Unidad de titulación

Eco. Tito Max Banegas Peña.

Cuenca 10 de marzo de 2023

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Josué Sebastián Carpio Rivas** y **Richard Gustavo Narvárez Cordero**, declaramos bajo juramento que el artículo denominado **“FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA MEDIDORES DE FLUJO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY.”** es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

En consecuencia, este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Cuenca, 10 de marzo de 2023.



Firmado
digitalmente por
Carpio Rivas,
Josue Sebastian
Fecha:
2023.03.14
14:33:15 -05'00'

Josué Sebastián Carpio Rivas



Firmado
digitalmente por
Narvaez Cordero
Richard Gustavo
Fecha:
2023.03.14
14:37:50 -05'00'

Richard Gustavo Narvárez Cordero

CERTIFICACIÓN

Yo, **Tito Max Banegas Peña**, certifico que el artículo titulado “**FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA MEDIDORES DE FLUJO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY**” fue desarrollado por **Josué Sebastián Carpio Rivas** y **Richard Gustavo Narváez Cordero**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Católica de Cuenca.

Debido que es una investigación particular con el propósito de cumplir un requisito previo a la obtención del Título de Administrador de Empresas.

Cuenca, 10 de marzo de 2023



ING. TITO
BANEGAS PEÑA
DOCUMENTO
FIRMADO
DIGITALMENTE
MATRIZ CUENCA
2023-03-13
20:03-05:00

Eco. Tito Max Banegas Peña.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

DEDICATORA

A mis hijos José Martín y Josué Emilio,
por ser mi motor e impulso durante mi vida y carrera.

A mis abuelos y hermanos
por acompañarme en cada paso de esta larga etapa que hoy culmina.

Josué Sebastián Carpio Rivas.

DEDICATORA

Dedico este artículo científico a mi esposa Gabriela Sarmiento Duran y a mi hijo Agustín Narváez Sarmiento, quienes son el pilar principal para que cada día de mi vida sea mejor persona.

Richard Narváez Cordero

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres, Justiniano Carpio y María Elena Rivas, por guiarme y apoyarme en cada momento, por entregarme todo su amor y empeño con la única finalidad de ayudarme a alcanzar cada una de mis metas, no cabe duda que este logro lo comparto con ellos.

Agradezco también a nuestro Director de tesis Economista Tito Max Banegas,
por sus ilustraciones durante nuestra carrera universitaria y en especial en nuestro proceso de
titulación

Josué Sebastián Carpio Rivas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi esposa, quien con su cariño y apoyo fue la persona que me motivo a crecer de manera profesional, agradezco a mis padres y hermana, quienes me brindaron su completo apoyo para que culminara mis estudios.

A todos los docentes que me guiaron durante mi vida universitaria, en especial a nuestro maestro tutor el Economista Tito Max Banegas Peña, quien nos brindó su total apoyo y nos guio con sus conocimientos para culminar con éxito el proceso de titulación.

Richard Narvárez Cordero.

RESUMEN

Frente a las deficiencias operativas y altos costos internos que presentan las empresas proveedoras de energía eléctrica, actualmente gracias a la evolución de la tecnología se puede disponer del sistema AMI (Infraestructura Avanzada de Medición) que utiliza medidores Inteligentes Smart Grid que aseguran un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad del suministro de energía. En este sentido la presente investigación tiene como objetivo presentar la factibilidad para la implementación de nuevas tecnologías para medidores de flujos eléctrico en la ciudad de Cuenca, Provincia de Azuay, mediante una metodología de investigación documental y el análisis de factibilidad que implica el estudio de mercado, técnico y financiero. Los resultados demostraron la rentabilidad del proyecto con un Valor Actual Neto de \$436,859 y la Tasa Interna de Retorno del 36,34%, se concluye que la implementación de nuevas tecnologías ha sido probada con éxito en nuestro país, así como en otras latitudes.

Palabras clave: Factibilidad, nuevas tecnologías, medidores inteligentes, Sistema AMI.

ABSTRACT

Facing operational deficiencies and high internal costs of electricity suppliers, the AMI (Advanced Metering Infrastructure) system is available today thanks to the evolution of technology. It uses Smart Grid smart meters that guarantee a sustainable and efficient energy system, with low-loss and high levels of quality and security of energy supply. In this sense, this research aims to present the feasibility of implementing new technologies for electric flow meters in Cuenca, province of Azuay, through a documentary research methodology and a feasibility analysis involving a market, technical, and financial study. The results demonstrated the project's profitability with a Net Present Value of \$436,859 and an Internal Rate of Return of 36.34%, concluding that the implementation of new technologies has been successfully tested in our country and in other latitudes.

Methodology: The study is based on the direct analysis of the information obtained from primary sources such as the Electricity Master Plan 2018 and "Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.," with the support of documentary research. **Results:** There are three components to the project feasibility study to analyze its structure and profitability: market, technical, and financial.

Keywords: Feasibility, new technologies, smart meters, AMI System

Introducción

La evolución de la tecnología nos permite hoy en día contar con redes eléctricas inteligentes conocidas como Smart Grid, las mismas transmiten electricidad en dos sentidos y sus características permiten optimizar la eficiencia de la red y favorecer el ahorro de energía mediante sistemas de medición, monitoreo y control (SMMC), además de facilitar tanto a la empresa como a los clientes, conocer el consumo en tiempo real así como sus rutinas asegurando un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad del suministro (Ojeda Á. S., 2020).

Sin embargo, a pesar de contar con redes de distribución inteligentes asociadas a las nuevas tecnologías de información y comunicación de acuerdo a Gómez et al. (2015) los esfuerzos realizados por las empresas de suministro de energía eléctrica para aplacar las pérdidas no ha sido idóneo y actualmente constituyen un grave problema que se manifiesta en deficiencias operativas y altos costos internos que consecuentemente impactan en las tarifas y en su salud financiera ya que enfrentan pérdidas de ingresos debido a las problemáticas que se presentan en los procesos y subprocesos de transmisión, distribución y comercialización de energía.

Según Tobar, (2012) la implementación de nuevas tecnologías en el Ecuador resultan costosas y limitadas, dejando al país en rezago con respecto a otros países, en este sentido, impulsados por la búsqueda de una tecnología que de solución a los problemas anteriormente descritos se presenta el sistema AMI (Infraestructura Avanzada de Medición), definido por Idrovo y Reinoso (2012) como una estructura que utiliza medidores Inteligentes Smart Grid para el proceso de automatización, con el cual se administra de forma automática y remota las cargas de energía consumidas.

El desarrollo de la tecnología en materia de eficiencia energética permite la generación de proyectos innovadores que ofrecen soluciones de gran conmoción en el ámbito económico y social de la sociedad en general (Corredor et al., 2020).

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2017), “en un sector eléctrico público y verticalmente integrado, como es el caso de Ecuador, el control de las pérdidas eléctricas en el Sistema Nacional de Distribución ha sido uno de los temas centrales de la última década” (p. 5).

Al respecto de acuerdo a Mena, (2017) se han delineado una serie de proyectos orientados al Cambio de la Matriz Energética (CME) con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población, así como de la energía eléctrica.

Entre estos y en concordancia con la planificación Nacional y del sector eléctrico se cita el “Plan de Expansión y Mejora de la Distribución 2018-2027” en el cual se consolida el compromiso de las empresas proveedoras del servicio de energía eléctrica de fortalecer el sistema de distribución, reducir el nivel de pérdidas de energía, modernizar el modelo de gestión y de los sistemas de información, impulsar proyectos de eficiencia energética que promuevan cambios bajo los patrones de las tecnologías de la información y comunicación y lograr la eficiencia económica (Plan Maestro de Electricidad, 2018).

Al respecto la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., bajo las directrices del Plan Nacional de Desarrollo propone dentro del Plan Estratégico 2017-2021 “Incrementar la automatización de procesos a través de la implantación de nuevas tecnologías”, el Proyecto de Medición Avanzada AMI (Infraestructura Avanzada de Medición) con la finalidad de mejorar los procesos comerciales y operacionales, la administración de la cartera, la calidad de los servicios comerciales y técnicos y la reducción de pérdidas de energía (Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., 2020). Por lo que el objetivo general de este artículo es determinar la factibilidad de la

implementación de nuevas tecnologías para medidores de flujo eléctrico en la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay.

El proyecto, mejorará los procesos relacionados con la comercialización en: toma de lecturas, instalaciones, revisiones para control de pérdidas, recaudación, facturación y disponibilidad de información en la calidad de servicio, que permiten la gestión de la demanda y la generación distribuida, orientada a incrementar la eficiencia energética y mejorar los indicadores de confiabilidad y calidad de servicio (Empresa Eléctrica de Quito, 2019).

El advenimiento de las nuevas tecnologías permitirá que la infraestructura eléctrica mejore notablemente y vaya a la par del desarrollo tecnológico, económico y social de la comunidad en general (Tobar, 2012).

Los esfuerzos que se realicen en la implementación de nuevas tecnologías y soluciones amplias automatizadas permitan disminuir los problemas asociados a la pérdida de energía eléctrica y mejorar la operatividad en la dotación del servicio y generar un beneficio bruto para la empresa, puesto que tendrán las competencias para detectar, analizar y manejar sistemáticamente las problemáticas relacionadas con la distribución de energía eléctrica (Gómez et al., 2015).

Estado de Arte

El sector eléctrico a nivel mundial, enfrenta nuevos retos provocados por la demanda creciente de energía, conllevando a la búsqueda de herramientas que permitan la eficiencia energética, varios países ya lo han logrado a través de la evolución de nuevas tecnologías de medición e instalación de medidores inteligentes (Zegarra, 2017).

De acuerdo a Téllez y Rosero (2018) los medidores inteligentes permiten enlazar en una relación comercial y técnica a los operadores del sistema eléctrico con el consumidor final de energía a través de una infraestructura AMI, facilitando a estos últimos la información relevante para la toma de decisiones que repercutan en mayores beneficios.

Y es que según Gómez et al. (2015) la infraestructura avanzada de medición (AMI) se refiere a una tecnología que faculta acrecentar la eficiencia en la operatividad de los proveedores de energía eléctrica, engloba hardware, software, comunicaciones, sistemas de distribución de energía y otros sistemas asociados con el consumidor y la administración de datos de medidores inteligentes, además permite el seguimiento de la calidad de la energía, el control de la carga, disminución de pérdidas, la configuración de medidores y la aplicación de tarifas dinámicas.

A nivel mundial, en los últimos años se destaca la implementación masiva de sistemas AMIS apoyados incluso por marcos regulatorios y legislativos para conformar un mercado energético con medidores inteligentes como en el caso de España, Estados Unidos, Francia, Australia e Italia, entre los casos destacados tenemos: el Programa Linky (Francia) año 2021; Proyecto Star (España) en el año 2018; Proyecto Telegestore (Italia) que inicio la primera fase en el año 1999 y la segunda en 2016; Proyecto Eletropaulo Digital (Brasil) año 2017 y el Proyecto Center Point (Houston) cuyo objetivo es integrar las tecnologías necesarias para reformar la forma

en la que se comercializa y se utiliza la energía por parte de los consumidores, proveedores minoristas y compañías eléctricas (Téllez & Rosero, 2018).

Por otra parte, varios autores contribuyen de manera trascendente al presente estudio y entre ellos señalamos los trabajos de:

Vergel (2022) que, fundamentado en las experiencias internacionales, se propone desarrollar el análisis para implementar la tecnología AMI en la ciudad de Cúcuta, el estudio implicó la estimación de aspectos tecnológicos, técnicos, económicos, sociales y ambientales y determinar los beneficios para la empresa CENS EPM de Norte de Santander y los usuarios. Los resultados reflejan en primer lugar el gran impacto en el objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a nivel local y nacional. En función del análisis concluyen que el proyecto es factible y viable de aplicarse en lo que se refiere al aspecto económico, tecnológico y ambiental.

Serrano (2021) propone en base del análisis costo-beneficio de proyectos pilotos en dos ciudades de Colombia, analizar el impacto de los sistemas de medición avanzada en el sector eléctrico, previamente realizaron una investigación bibliográfica para conocer la tecnología existente en cuanto a la infraestructura AMI, para posteriormente estimar los beneficios y costos de los proyectos. Los resultados demostraron flujos de efectivo positivos en el período examinado a excepción del primer año en el cuál no se reflejan beneficios, los costos presentan una tendencia en aumento durante los primeros cuatro años para mantenerse constante por el resto del período. Concluyen que la rentabilidad del proyecto es favorable y presentan un valor actual neto de positivo, la tasa interna de retorno es igual a 34.8% superior en un 20.9% del costo de capital del proyecto.

En el contexto ecuatoriano, Gaibor et al. (2020) en su artículo denominado Análisis de costos beneficios de la implementación del sistema Smart Meter Ami en CNEL - Unidad de

Negocio Milagro, plantean como objetivo general determinar los costos de implementación del Sistema de Medición Avanzada AMI, para el efecto aplicaron una entrevista estructurada para identificar los principales beneficios de la implementación de dicho sistema y evaluarlos en una matriz de flujos de ingresos y gastos. Los resultados reflejaron que el sistema reduce en gran medida los costos administrativos de la gestión de la organización. Concluyen que el sistema AMI reduciría los costos y la ineficiencia operativa y preveen y retorno de la inversión al final del tercer año del periodo estudiado.

Por otro lado, Parra y Quizhpe (2019) ante la necesidad de los proveedores de energía eléctrica de optimizar sus modelos de negocio y mejorar sus procesos comerciales aprovechando los beneficios de la tecnología, analizan la factibilidad de implementar sistemas de medición de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, mediante una investigación de campo de tipo descriptiva. Los resultados determinan que la implementación del sistema de medición dará solución a los problemas de lectura en las zonas rurales, así como la disminución en los costos de inversión en la contratación de empresas para la toma de lectura de medidores. Concluyen que el sistema permitirá la eficiencia en el área de facturación ya que la medición será confiable generando múltiples beneficios tanto en el aspecto económico como técnico.

Coronel (2011) sostiene que la implementación de redes eléctricas inteligentes amplía las perspectivas de los servicios y aplicaciones con mayores competencias de gestión y eficiencia en los procesos administrativos, operativos, de comercialización y distribución de energía eléctrica, para ello realizó un estudio para la implementación del sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI) en la Empresa Regional Centro Sur C.A. Una vez estimados los ingresos y costos del proyecto, realizó las respectivas proyecciones para calcular el VAN y el TIR para un período

de 15 años con una tasa del 6% utilizada para los proyectos eléctricos, los resultados obtenidos reflejan un valor actual neto de \$1.308.700,65 y un TIR del 15% el mismo que es mayor a la tasa de interes, confirmando su rentabilidad.

Metodología

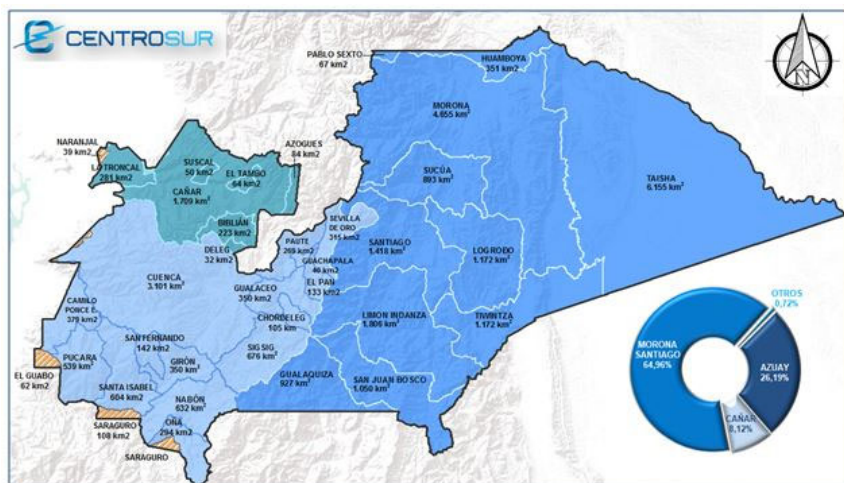
El estudio se sustenta en el análisis directo de la información obtenida de fuentes primarias como el Plan Maestro de Electricidad 2018 y Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A, y con el sustento de la investigación documental hacer deducciones sobre las proposiciones realizadas por otros autores, se orienta a determinar la factibilidad de la implementación de nuevas tecnologías para medidores de flujo eléctrico en la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, el método desarrollado es el deductivo, pues parte de lo general para llegar a conclusiones específicas del fenómeno investigado a través del estudio de mercado, técnico y financiero.

Resultados

El estudio de Factibilidad del proyecto a fin de analizar la estructura y rentabilidad del proyecto, abarca 3 componentes: mercado, técnico y financiero, los cuales se describirán a continuación:

Estudio de mercado

Para establecer la “Factibilidad de la implementación de nuevas tecnologías para medidores de flujo eléctrico en la ciudad Cuenca, Provincia del Azuay, se tomarán en consideración los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, a la que corresponde la administración de la energía eléctrica en la ciudad (ver figura 1).

Figura 1*Área de concesión CENTROSUR*

Nota. Área de concesión – Km2. **Fuente:** CENTROSUR (2022).

Para el estudio de mercado se partió de los datos proporcionados por la Centro Sur en los cuales se destaca que para el año 1 del proyecto se contó con 386,304 usuarios con una tasa de crecimiento que oscila del 1.98% al 2.50% llegando en el año 5 del proyecto a 423,511 (ver tabla 1).

Tabla 1

Demanda histórica de usuarios Centro Sur.

Número	Año	Demanda histórica	TC
1	2017	386,304	
2	2018	393,953	1.98%
3	2019	403,776	2.49%
4	2020	413,198	2.33%
5	2021	423,511	2.50%

Nota. Demanda de usuarios. **Fuente:** CENTROSUR (2022).

Del total de usuarios expuesto en la tabla 1, el consumo de energía eléctrica va desde los 929 Gwh para el 2017 hasta 1498 Gwh para el 2021 con un crecimiento promedio del 11.16%, con una demanda proyectada para el 2027 de 2293 Gwh (ver tabla 2).

Tabla 2

Proyección venta de energía por empresa eléctrica (GWh).

Número	Año	Demanda histórica GWh	TC
1	2017	929	
2	2018	1.032	11,09%
3	2019	1.198	16,09%
4	2020	1.373	14,61%
5	2021	1.498	9,10%
6	2022	1.572	4,94%
7	2023	1.746	11,06%
8	2024	1.883	7,84%
9	2025	2.019	7,27%
10	2026	2.156	6,77%
11	2027	2.293	6,34%

Nota. Plan Maestro de Electricidad. **Fuente:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2018).

El proyecto a nivel nacional contempla la implementación de 16644 medidores inteligentes divididos en 2 lotes, de los cuales el 12% corresponden a los 1937 contadores que pertenecen a la CENTROSUR (ver tabla 3).

Tabla 3

Distribución de zonas y cantidad de medidores a implementar.

Empresas Distribuidoras	Lotes	Clientes especiales	Transformadores de distribución	Clientes masivos	Media tensión	Total	Participación
CNEL Guayaquil		300	110	2591	9	301	2%
CNEL Guayas - Los Ríos		323	100	2704	8	3135	19%
CNEL Manabí		400	130	4278	10	4818	29%
CNEL Milagro		148	50	1500	6	1704	10%
CNEL El Oro	1	326	110	2519	8	2963	18%
CNEL Los Ríos		180	70	1530	6	1786	11%
CENTROSUR	2	120	80	1733	4	1937	12%
TOTAL		1797	650	16855	51	16644	100%

Nota: Plan Maestro de Electricidad. **Fuente:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, (2018). **Elaborado:** por los autores

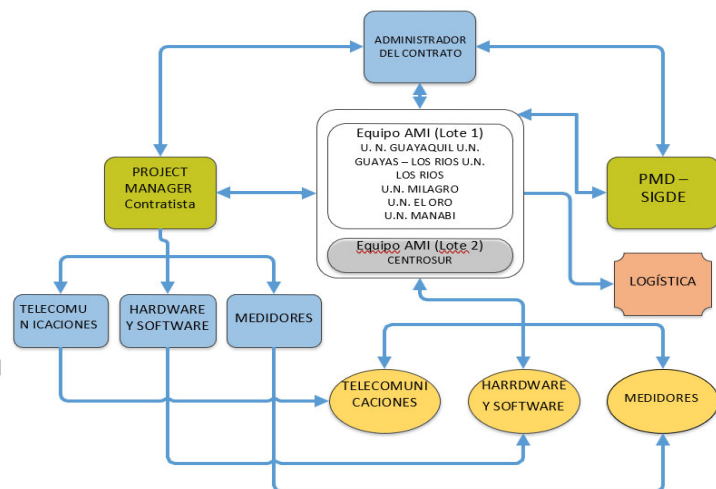
El cambio de 1.937 contadores representa el 0.5% de los usuarios de energía eléctrica, razón por la cual los datos utilizados en el flujo de efectivo del proyecto corresponden a este porcentaje.

Estudio Técnico

El proyecto que contempla la Implementación de nuevas tecnologías para medidores de flujo eléctrico en la ciudad Cuenca, Provincia del Azuay, se denomina “Automatización de la Distribución”, como parte del Programa de Reforzamiento del Sistema Nacional de Distribución Eléctrica del Ecuador II financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, que se basa en el sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure).

Figura 2

Organización del proyecto



Nota. Flujo del proceso de implementación. **Fuente:** CENTROSUR (2022).

1.1. Proceso de implementación

1. Adquisición, instalación y puesta en operación de 19.353 medidores electrónicos inteligentes
2. Adquisición, instalación y puesta en operación de 30 concentradores de datos
3. Adquisición, instalación, configuración y puesta en operación de plataformas Head End

4. Contratación de los servicios de comunicación de datos celular para el canal WAN de los concentradores de datos, y FAN de los medidores dispersos (medidores especiales y medidores para ramales en media tensión).
5. Suministro de 28 equipos de procesamiento de datos y visualización y 14 hand held o equipos móviles para el monitoreo,
6. Operación de la plataforma AMI y configuración de equipos de medición, así como lectura en sitio y contraste de medición respectivamente.
7. Capacitación y transferencia de conocimientos
8. Mantenimiento y Soporte Técnico post instalación por 12 meses.
9. Garantía Técnica de los equipos y la Implantación por 24 meses.

Inversión

La inversión del proyecto es de \$1,023,277.91 que incluye los equipos, instalaciones y capital de trabajo necesarios para la implementación del proyecto, como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Inversión

Equipos	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Concentrador de datos AMI	4	2,331.00	9,324.01
Instalación de concentrador AMI	4	400.00	1,600.00
Hand Held o equipo movil	1	1,678.32	1,678.32
Head and System (por lote, costo proporcional)	1	100,699.35	100,699.35
Licencias de Head End para los medidores electrónicos	1937	3.50	6,779.50
Cantidad medidores con funcionalidades de AMI para clientes de facturación masiva Norma ANSI	1937	165.00	319,605.00
Transformador de corriente en media tensión de rango extendido	17	800.00	13,600.00
Transformador de potencial en media tensión	17	800.00	13,600.00
Head and System (por lote)	96000.00	2.00	192,000.00
TOTAL			658,886.18

Instalaciones	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
---------------	----------	----------------	-------------

Instalación de licencias	1937	3.50	6,779.50
Instalación de medidores	1937	65.00	125,905.00
Instalación de transformadores	34	400.00	13,600.00
Configuración y puesta en marcha (acompañamiento 12 meses)	1	48,000.00	48,000.00
Despliegue del sistema	1	48,000.00	48,000.00
TOTAL			242,284.50

Capital de trabajo	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Capacitación - Transferencia de conocimientos de la plataforma AMI (por lote)	1	23,310.03	23,310.03
Entrenamiento, soporte y desarrollo	1	98,797.20	98,797.20
TOTAL			122,107.23

Nota: Plan Maestro de Electricidad. **Fuente:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No

Renovables, (2018). **Elaborado por:** los autores

Ingresos por facturación

Se considera el año 2022 como el año 0 del proyecto donde inicia el programa de la automatización de la distribución en la empresa Centro sur con la inversión inicial, hasta el año 5 del proyecto que corresponde al 2027, para lo cual se ha tomado en consideración el flujo que corresponde al 0.5% de los usuarios de energía eléctrica que contempla la aplicación de esta nueva tecnología de medición.

Del total de la demanda, para el proyecto se trabaja con un 5% que representa el consumo de energía que consume el segmento de mercado al que se le implementó los medidores inteligentes. Así mismo el precio utilizado es el de \$92,000 el GWh, lo que corresponde a \$9.20 por kilovatio, precio que según las regulaciones de los entes rectores se espera mantener constante para los próximos períodos. En cuanto a las contribuciones en el estudio se determinó que históricamente representan un 10% del total de las ventas.

Para los años posteriores al año uno se considera la tasa de crecimiento establecida en el cálculo de la demanda, tanto para ventas y costos y gastos, así como una inflación del 3.07% anual.

Tabla 5*Ingresos*

DETALLE	AÑO				
	1	2	3	4	5
Producción					
GWh energía eléctrica	1,746	1,883	2,019	2,156	2,293
Ingresos					
Venta de energía eléctrica	8,030,680	8,980,379	9,632,942	10,285,505	10,938,069
Contribuciones	803,068	898,038	963,294	1,028,551	1,093,807
Total ingresos	8,833,748	9,878,416	10,596,236	11,314,056	12,031,875

Nota. Plan Maestro de Electricidad. **Fuente:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No

Renovables, (2018). **Elaborado por:** los autores

Costos y Gastos Totales

Para la determinación de los costos y gastos del proyecto, se tomó en consideración aquellos que corresponden a los ocasionados para dotar de energía eléctrica al 0.5% de los usuarios de energía eléctrica a los que se les asignó los contadores con la nueva tecnología de medición. Teniendo en cuenta todos los costos se confecciona el flujo de fondos proyectado a 60 meses (5 años).

Tabla 6*Costos y Gastos Totales*

	1	2	3	4	5
Egresos					
Costos de energía	1,766,750	1,975,683	2,197,659	2,433,357	2,683,488
Telecomunicaciones	1,236,725	1,382,978	1,538,362	1,703,350	1,878,441
Materiales	353,348	395,134	439,529	486,668	536,694
Mano de obra	1,858,238	2,077,991	2,311,462	2,559,365	2,822,448
Depreciación de equipos	180,234	180,234	180,234	180,234	180,234
Costos de servicios	530,025	592,705	659,298	730,007	805,046
Costos de comercialización	1,958,437	2,190,039	2,436,099	2,697,369	2,974,639
Costos de administración	481,687	538,651	599,171	663,432	731,627
Pagos de deuda					
Interés	15,725	13,250	10,477	7,372	3,895
Total egresos	8,381,168	9,346,666	10,372,291	11,461,154	12,616,512

Nota. Plan Maestro de Electricidad. **Fuente:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No

Renovables, (2018). **Elaborado por:** los autores

Punto de Equilibrio

El proyecto contempla la implementación de medidores inteligentes que permitirán la optimización en el control, costeo, disminución en la cartera por cobrar y cobro oportuno de ingresos, sin embargo, cabe recalcar que el servicio principal es la venta de energía eléctrica, es por ello que se presenta el punto de equilibrio para la venta de medidores y venta de energía eléctrica.

Para el caso de los medidores se establece un costo fijo de \$31,960.50 y un costo variable de 250.92 con un precio de venta al público de \$301.10, con lo cual al vender 637 medidores se alcanza el punto de equilibrio. Así mismo, para el caso de la generación de energía eléctrica es necesario vender 78 Gwh por un valor de \$7,844,013 para cubrir los costos fijos de \$6,261,071.13 y los costos variables de \$20,422.42 por cada Gwh.

Valor Actual Neto y Flujo de Efectivo

El costo financiero del capital es de 12%, o tasa mínima de retorno requerida, el flujo de efectivo es el resultado de la suma de los valores de ingresos y costos totales, el cual es analizado según los siguientes parámetros

VAN: medida de rentabilidad absoluta que proporciona el proyecto.

TIR: Mide la rentabilidad por periodo del proyecto de inversión sobre el capital.

Regla de decisión: Un proyecto es viable si la $TIR > TMAR$; si el $VAN > 0$.

Tabla 6
Flujo de Caja

	0	1	2	3	4	5
Ingresos	8,833,748	9,878,416	10,596,236	11,314,056	12,031,875	
Egresos	8,381,168	9,346,666	10,372,291	11,461,154	12,616,512	
Flujo de fondos antes de Impuestos y deducciones 15% a trabajadores	452,580	531,750	223,945	-147,099	-584,637	
0% Impuesto a la renta						
Flujo de fondos después de impuestos y deducciones.	452,580	531,750	223,945	-147,099	-584,637	

Depreciación de equipos		180,234	180,234	180,234	180,234	180,234
Equipos	658,886.18					
Instalaciones	364,392					
Valor de recupero						315,410
Capital de trabajo						122,107
Flujo de fondos neto	-1,023,278	632,814	711,985	404,179	33,136	33,115

Nota: Plan Maestro de Electricidad, Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, (2018). Fuente. Elaborado por los autores

Del análisis desarrollado se establece que el Período de Recuperación de la Inversión es de 4.46 años, el Valor Actual Neto es positivo \$436,859, la Tasa Interna de Retorno, TIR del 36,34% con un valor de salvamento del 35% de la inversión inicial y el desembolso del crédito a 5 años, lo cual demuestra la factibilidad del proyecto para la ciudad de Cuenca.

Discusión

En necesario presentar resultados encontrados en estudios realizados que fortalezca las evidencias alcanzadas en la presente investigación. Entonces, Idrovo & Reinoso (2012) analizan teórica y financieramente la implementación de un sistema AMI en el área de concesión de la Empresa Eléctrica del Cantón Azogues. En base a las necesidades determinan los clientes beneficiarios para la primera fase del proyecto AMI. se diseñan soluciones que se adaptan a los equipos de medición, estimándose parámetros técnicos y financieros. Además, se ejecuta un análisis y evaluación económica con respecto a la viabilidad del proyecto, los indicadores reflejan un VAN de \$22,332, y el TIR de 13.16%, dando como resultado la factibilidad del proyecto. Los beneficios se enfocan en la recuperación de valores facturados con los cambios de medidores inteligentes.

Por otro lado, en el estudio sobre los nuevos sistemas de medición centralizada de energía eléctrica con medidores inteligentes en la región de Arequipa-Perú, Zegarra (2017) destaca los beneficios vinculados a la instalación de medidores inteligentes, los cuales refieren a la lectura,

cortes y reconexiones a distancia de manera remota, reduciendo los gastos operativos que estas actividades conllevan, asimismo, este sistema es bastante útil para el control de pérdidas eléctricas no técnicas, las cuales originan pérdidas financieras a las empresas proveedoras de energía. El análisis de factibilidad del proyecto se planteó a un período de 15 años con una tasa de interés del $i=12\%$ dando como resultado un VAN \$5,549; TIR del 12,5%; Relación B/C 1.02 y un período de recuperación de la inversión de 7.11 años que determinan su viabilidad.

En comparación con los resultados del presente estudio, se establece que el Período de Recuperación de la Inversión es de 4.46 años, el Valor Actual Neto es positivo (\$122,815), la Tasa Interna de Retorno, TIR del (20.34%) con un valor de salvamento del 20% de la inversión inicial y el desembolso del crédito a 5 años. Cabe mencionar que la aplicación de los nuevos sistemas de medidores inteligentes sigue siendo una oportunidad para generar mejores ingresos y lograr una eficiencia energética.

Conclusiones

Los medidores inteligentes son modernos sistemas de medición que se están aplicando en los países con mayor demanda eléctrica en beneficio de la innovación tecnológica y solución a deficiencias operativas y técnicas.

Conforme se observa en los estudios empíricos precedentes la automatización de los procesos es una tendencia en varios países, lo cual crea un panorama favorable para la implementación de nuevas tecnologías que ya han sido probadas con éxito en otras latitudes.

El punto de equilibrio del proyecto se marca con la venta de 637 medidores inteligentes que deben generar al menos 78 Gwh para poder cubrir los costos fijos y variables durante los 5 años del proyecto.

Para el caso de la ciudad de Cuenca, según los resultados del estudio de factibilidad se ratifica que el sistema AMI (Infraestructura Avanzada de Medición) es una opción viable de aplicación para la Empresa Centro Sur, con un VAN positivo de \$436,859 y la Tasa Interna de Retorno del 36.34%.

Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Incrementando la eficiencia del sector eléctrico: Lecciones sobre la reducción de pérdidas eléctricas en Ecuador*.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Incrementando-la-eficiencia-del-sector-el%C3%A9ctrico-Lecciones-sobre-la-reducci%C3%B3n-de-p%C3%A9rdidas-el%C3%A9ctricas-en-Ecuador.pdf>.
- CENTROSUR. (2022). *Área de Concesión - km²*. <https://www.centrosur.gob.ec/area-de-concesion-km2/>.
- CENTROSUR. (2022). *CENTROSUR en el Entorno Nacional*.
<https://www.centrosur.gob.ec/principales-indicadores/>.
- Coronel, M. (2011). *Estudio para la implementación del sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI) en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1104/14/UPS-CT002098.pdf>.
- Corredor, J., Ortíz, D., Zabala, D., & Diaz, M. (2020). *Diseño de prototipo I o T para el ahorro de energía eléctrica y agua a partir de la medición de consumos en el hogar [Tesis de grado, Fundación Universitaria Compensar de Colombia]*.
<https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/bitstream/handle/compensar/97/Dise%C3%B1o>

%20de%20Prototipo%20IoT%20para%20el%20ahorro%20de%20en_Grupo%20Investigacin%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Empresa Eléctrica de Quito. (2019). *Implementación del Sistema de Medición Avanzada (AMI), para las empresas eléctricas (Centrosur, Ambato, Emelnorte, Elepcosa y Quito) genera interés en proveedores*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1933>

Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (2020). *Rendición de cuentas 2020: Informe Ejecutivo*. <https://www.centrosur.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/Resumen-Ejecutivo-RC-2020.pdf>.

Gaïbor, A., Benítez, J., Pincay, O., & Márquez, A. (2020). Análisis de costos beneficios de la implementación del sistema Smart Meter Ami en CNEL - Unidad de Negocio Milagro. *Revista Universidad y Sociedad, 12(S1)*, 308-316. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1790/1786>.

Gómez, J., Castán, R., Montero, J., Meneses, J., & García, J. (2015). Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas. *Boletín IIE*, 180-191. https://www.researchgate.net/profile/Javier-Meneses-Ruiz/publication/297280966_Aplicacion_de_tecnologias_de_medicion_avanzada_AMI_como_instrumento_para_reduccion_de_perdidas/links/56de18f208aeb8b66f94a69d/Aplicacion-de-tecnologias-de-medicion-ava.

Idrovo, D. R., & Reinoso, S. M. (2012). *Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) mediante contadores inteligentes por parte de la Empresa Eléctrica Azogues CA (Bachelor's thesis)*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1933>

Mena, J. (2017). *Propuesta de elaboración de guía de buenas prácticas en salud y seguridad ocupacional dirigida a los programas de reforzamiento de redes eléctricas [Tesis de maestría, Universidad Internacional SEK]*.
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2670/2/TESIS%20MSSO%20JUAN%20FRANCISCO%20MENA%20ZAPATA.pdf>.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2018). *Plan Maestro de Electricidad*.
Obtenido de <https://www.centrosur.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Plan-Maestro-de-Electricidad.pdf>

Ojeda, Á. S. (2020). *Análisis y experiencias para la implementación de sistemas de medición, monitoreo y control en redes eléctricas (Doctoral dissertation, Universidad Católica de la Santísima Concepción)*.
Obtenido de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/2281>

Ojeda, Á. (2020). *Análisis y experiencias para la implementación de sistemas de medición, monitoreo y control en redes eléctricas [Tesis de maestría, Universidad Católica de la Santísima Concepción]*.
http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/2281/TESIS-SMMC_rev%20%20Alvaro%20Ojeda%20Ule..%20publicar%2020-11-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
Obtenido de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/2281>

Parra, C., & Quizhpe, D. (2019). *Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de medición de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia para CENTROSUR [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]*.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8251/1/PARRA%20VASQUEZ%20CARLOS%20JAVIER%3b%20QUIZHPE%20GUALAN%20DARWIN%20PATRICIO.pdf>.

Obtenido

de

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8251/1/PARRA%20VASQUEZ%20CARLOS%20JAVIER%3b%20QUIZHPE%20GUALAN%20DARWIN%20PATRICIO.pdf>

Plan Maestro de Electricidad. (2018). *Expansión y mejora de la distribución.*

<https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/6.-EXPANSION-Y-MEJORA-DE-LA-DISTRIBUCION.pdf>.

Serrano, V. (2021). *Estudio del impacto y viabilidad de la implementación de la infraestructura de medición avanzada (AMI) para los operadores de red EMCALI y ENEL-CODENSA en el mercado eléctrico colombiano [Tesis de grado, La Universidad de los Andes]* .

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/51508/22777.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Téllez, S., & Rosero, J. (2018). Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades . *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 469-488.

<http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v36n2/2145-9371-inde-36-02-469.pdf>.

Tobar, N. (2012). *Estudio de factibilidad para implementar banda ancha sobre líneas eléctricas en el Ecuador [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]*.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4675/1/CD-4307.pdf>.

Vergel, Y. (2022). *Análisis de factibilidad para la implementación de la tecnología AMI en Cúcuta, Norte de Santander [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño]*.

<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6737/3/2022YecksonFabianVergelN%c3%ba%c3%bl ez.pdf>.

Zegarra, M. (2017). *Análisis de nuevo sistema de medición centralizada de energía eléctrica con medidores inteligentes en área de la región Arequipa [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]* .

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5097/ELzepima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.