



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO**  
**INSTITUTO DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA**

**Maestría en Administración Pública**

**Tema:**

ANÁLISIS DE COSTOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA  
SMART METER AMI EN CNEL - UNIDAD DE NEGOCIO MILAGRO

**Estudiante:**

Aldemar Javier Gaibor Plúas

**Tutor:**

Javier Antonio Benítez Astudillo

**Milagro-Ecuador**

2020

## RESUMEN

El problema se evidencia en la pérdida administrativa del 4% sobre la facturación, en los servicios de medición, corte y reconexión del servicio en tiempos en que esto se puede automatizar con un sistema AMI. Por ello para la investigación se establecieron los siguientes objetivos: 1) identificar los costos de implementación del Sistema de Medición Avanzada AMI; 2) Identificar los beneficios que genera la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami . 3) Comparar costos vs. beneficios identificados de la implementación del sistema de medición Smart Meter. La metodología se hizo con el método de entrevista estructurada y análisis por categorías, para definir los principales beneficios que se generan de la implementación del sistema de medición Smart Meter AMI, pero en relación al personal de la empresa. Se concluyó que una vez identificados los costos beneficios de la implementación del Sistema AMI, se elabora una tabla de flujos de ingresos y egresos, que permita analizar una relación entre estos dos elementos encontrando que AMI reduciría de forma interesante costos administrativos de la gestión de la organización.

**Palabras Clave:** Sistema *Smart Meter Ami*, CNEL, *Advanced Metering Infrastructure*, cobro de energía eléctrica

## ABSTRACT

The problem is evidenced in the administrative loss of 4% in metering, cutting and service connection services at times when this can be automated with an AMI system. For this reason, the following objectives were established for the investigation: 1) to identify the implementation costs of the AMI Advanced Measurement System; 2) Identify the benefits generated by the implementation of the Smart Meter Ami measurement system. 3) Compare costs vs. Identified benefits of the implementation of the Smart Meter measurement system. The methodology was made with the structured interview method and analysis by categories, to define the main benefits that are generated from the implementation of the Smart Meter AMI measurement system, but in relation to the company's personnel. It was concluded that once the cost benefits of implementing the AMI System have been identified, a comparison table is drawn up, which allows analyzing a relationship between these two elements, finding that AMI would reduce administrative costs of the organization's management in an interesting way.

**Keywords:** Ami Smart Meter System, CNEL, Advanced Metering Infrastructure, electricity billing

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), tiene como objeto la distribución y comercialización de energía eléctrica, satisfaciendo así la demanda ciudadana interna del servicio, en un marco normativo y legal aplicado al sector eléctrico. En la actualidad CNEL EP Unidad de Negocios Milagro cuenta con más de 141.000 clientes y 357 trabajadores que laboran diariamente con gran ahínco para llevar un servicio de calidad a los hogares, universidades, escuelas, hogares, hospitales, industrias y demás instituciones privadas y públicas. Sin embargo, en las últimas décadas la empresa eléctrica ha presentado considerables pérdidas económicas que se suman a los constantes reclamos por parte de los usuarios del servicio (CNEL EP, 2018).

Se evidencia en el Informe de Rendición de Cuentas (2018) de la CNEL EP muestra que la Unidad de Negocios Milagro tiene una demanda de 808.365 Gigavatios-hora (GWh) de energía, equivalente al 5,37% del total nacional. Sin embargo, el 15,15% de esa energía se pierde en el transporte, aunque el mismo informe indica que para el 2019 se ha reducido el nivel de pérdidas con la actualización de equipos, todo esto en la parte técnica, que se enuncia, pero no prioriza en este documento.

Siempre existen pérdidas en la distribución de energía, Gómez et al (2015) mencionan que los esfuerzos realizados por las empresas distribuidoras para reducir las pérdidas de energía eléctrica no han sido suficientes y actualmente representan un serio problema que se refleja en deficiencias operativas de las empresas de distribución, originando costos internos altos y un serio impacto sobre las tarifas eléctricas, así como en la salud de las finanzas de las empresas de distribución y comercialización de energía. Por ello, se ha optado por la implementación de sistemas automatizados de control, que reduzcan la pérdida de energía durante la distribución de la misma. Renovar la infraestructura energética puede ser una estrategia para reducir las pérdidas económicas que se presentan en CNEL Unidad de Negocio Milagro, como ya se ha realizado desde el año 2012 en algunos barrios residenciales de la ciudad de Guayaquil.

## PROBLEMA

Los cálculos correctos de pérdidas son importantes por varias razones. Hay dos métodos básicos que se pueden utilizar para calcular las pérdidas de energía técnica, un método basado en la sustracción de la energía medida comprada y la energía medida vendida a los clientes y

un método basado en el modelado de pérdidas en componentes individuales del sistema (Algburi & Yasen, 2011). Para considerar las pérdidas técnicas en el sistema de distribución se incluyen: pérdidas de la línea de transmisión, pérdidas del transformador de potencia, pérdidas de la línea de distribución y pérdidas del transformador de baja tensión (Lee, 2012). A esto, le agrega el autor los desperdicios en tiempo y costo de la operación administrativa, que poco o nada se consideran dentro de los planes de las distribuidoras de electricidad.

En la parte administrativa, que es en donde se profundiza el problema planteado en esta investigación, la distribuidora tiene costos por recolección de información de medidores y por cortes del 4% de la facturación, lo que se considera muy alto en condición de los bajos porcentajes de utilidad que este tipo de empresas estatales programan en sus proyecciones, debido a que son compañías dedicadas a servir a la comunidad y no a lucrarse de su proceso, pero están condicionadas a no perder dinero en sus operaciones. En consecuencia, se presenta el análisis de la relación costo beneficio de la posible implementación del Sistema de Medición *Smart Meter AMI* en CNEL - Unidad de Negocio de la ciudad de Milagro, que automatizaría la lectura, los cortes y reconexiones del servicio a los clientes, lo que contribuirá como insumo en la toma de decisiones para su aplicación y posterior desarrollo.

Con lo antedicho se plantea la siguiente formulación del problema: ¿Cuál es el costo-beneficio en la implementación del sistema de medición *Smart Meter Ami* en Cnel-Ep- Unidad de Negocio Milagro?

## VARIABLES

### **Variable Independiente:**

Estimación costo beneficio

### **Variable Dependiente:**

Sistema de medición *Smart Meter*

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Analizar la relación costo - beneficio de la implementación del sistema de medición *Smart Meter Ami* en Cnel - Unidad de Negocio Milagro

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los costos que genera la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro.
- Identificar los beneficios que genera la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro.
- Comparar costos vs. beneficios identificados de la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro

## **DESARROLLO**

### **Estado del arte**

El estudio de investigación de maestría de Tama (2018) menciona que en los últimos años, la demanda de energía eléctrica ha aumentado drásticamente debido a la superioridad de la energía eléctrica sobre todas las demás formas de energía y la expansión de la generación y transmisión de energía ha sido severamente limitada como consecuencia de los recursos limitados, las restricciones ambientales y la falta de privatización, como se puede encontrar en los países en desarrollo del mundo. No importa cómo esté diseñado el sistema de energía, las pérdidas son inevitables y deben modelarse antes de poder calcular una representación precisa, pero concluye que las pérdidas por robo y por mala gestión de la cobranza supera en creces a todo (Huacuz, 2011).

La tesis de Galarza (2019) intitulada “Estudio de causas incidentes en las pérdidas no técnicas en baja tensión de una empresa distribuidora de electricidad con alta demanda”, menciona que no todos los suministros en las redes de distribución están medidos. Hay muchos equipos eléctricos en los que no es práctico ni rentable medir el consumo de energía con contadores convencionales. En estas circunstancias, existen suministros legítimos no medidos cuya demanda de energía se estima en lugar de medir con precisión (McHenry, 2013). Todas las conexiones no medidas pueden tratarse como cualquier otro tipo de carga, siempre que estén registradas, estimadas y contabilizadas adecuadamente. Además, las conexiones no medidas relacionadas con el cliente (p. Ej. Alumbrado público) o parte del consumo propio de CNEL (p. Ej. Servicios auxiliares de subestaciones) pueden contratarse adecuadamente con un proveedor de energía y pagarse mediante tarifas regulares como cualquier otro consumo normal. Por tanto, el consumo no medido, ya sea relacionado con los

clientes, Pueden ser excluidas de pérdidas no técnicas o técnicas, respectivamente, siempre que estén adecuadamente contratadas. Solo la diferencia entre los consumos no medidos reales y estimados es parte de las pérdidas no técnicas.

Ochoa (2010) ya había realizado 10 años atrás una tesis que la llamó ‘‘Estudio para determinar las pérdidas de energía del alimentador 124 perteneciente al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Azogues’’, en donde menciona que hay varias formas en las que se puede tomar la electricidad de la red de manera ilegal. El robo y el fraude generalmente representan la mayoría de las pérdidas no técnicas de la red. Estos son desafíos importantes para CNEL y requieren un esfuerzo concertado de una variedad de partes interesadas para mitigarlos. Es difícil medir el alcance exacto de este tipo de pérdidas, ya que es probable que una gran proporción no se detecte.

## **Marco teórico**

### **Advanced Metering Infrastructure**

El Sistema de Medición Avanzada o en inglés *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) según Smartgrid.gov (2019) es un sistema integrado sistema de medidores inteligentes, redes de comunicaciones y sistemas de gestión de datos que permiten dos vías de comunicación entre servicios públicos y clientes. Este sistema permite funciones importantes que antes no eran posibles o se realizaban de forma manual y en mayor tiempo, como: la capacidad de medir de forma remota el uso de electricidad, conectar y desconectar el servicio, detectar alteraciones, y realizar cortes y reconexión de energía y monitoreo de voltaje. Combinado con la tecnología que usan los clientes, permite conocer la información más rápido. Además, el sistema AMI permite que las empresas de servicios públicos puedan ofrecer nuevos programas de tarifas basadas en el tiempo e incentivos que alientan a los clientes a reducir y gestionar el consumo y los costos de energía de forma responsable (Energy.gov, 2016).

El elemento central de AMI son los medidores inteligentes, que proporcionar una serie de funciones, que incluyen medir el consumo de electricidad del cliente en intervalos de 15, 30 o 60 min; voltaje de medición niveles; y monitorear de encendido / apagado de la electricidad. Los medidores inteligentes comunican estas lecturas a las empresas de servicios públicos. El sistema requiere:

- Un sistema de manejo de datos de medidor, el cual, es el proveedor y repositorio de datos de medición de energía eléctrica.
- Un sistema almacenador de información de datos de la red.
- Medidor inteligente, que es el instrumento que se instala en los hogares y es el encargado de recopilar y almacenar la información.
- Red de comunicación inalámbrica (WAN) o puede también incluir una red LAN. La cual, permite una comunicación en doble vía de datos, entre empresa y usuarios.

La medición es una de las partes fundamentales del sistema eléctrico, dado que es lo que permite a las empresas proveedoras tener datos concretos de la energía generada, transmitida y usada por los usuarios, y así poder realizar el proceso de facturación. Además, que se resalta, es posible la recolección de información cada 15 minutos de hasta 200 medidores, mediante una forma segura, gracias a la tecnología de red inalámbrica. Dicho intercambio de información permite notificar apagones al instante y servicios de reconexión y en el futuro disponer de información oportuna en tiempos más cortos.

### **Red Smart Grid**

Un medidor inteligente es un equipo de medición que reemplaza completamente a los equipos de medición análogos o digitales convencionales por un equipo de dos vías que puede funcionar como parte de una red *smart grid*. Los sistemas de medición AMI son más eficientes para los proveedores de energía eléctrica, ya que tienen la capacidad de proporcionar datos actualizados y llevar a cabo tareas que antes requerían del recurso humano. En la última década Latinoamérica no ha logrado renovar su estructura eléctrica, se estima que el sistema AMI solo representa un 5% en algunas ciudades de la región, la mayor parte de ellos se han introducido en Estados Unidos, reemplazando en un 40% al sistema energético convencional (Bagdadee & Zhang, 2019).

Según el Grupo Novelec (2020), la Red Eléctrica *smart grid* incorpora en relación a las redes convencionales, un sistema tecnológico digital que permite una comunicación bidireccional entre la instalación y el cliente o usuario, valiéndose de internet como herramientas informáticas para emitir respuestas en periodos cortos de tiempo de la demanda de electricidad. En el año 2011 -2012 la Empresa Eléctrica empezó instalando medidores inteligentes AMI, en la ciudad de Guayaquil en la urbanización Puerto Azul, ubicada en el km 10½ de la vía a la costa se conoce beneficiaron alrededor de 70.000 abonados contar con un

medidor inteligente. En los siguientes años el proyecto se expandió a otros barrios residenciales de la ciudad.

### **Redes de comunicación AMI**

Según Novelec, (2020), si se incorporase al ámbito doméstico instalaciones de redes eléctricas que fueran tan solo un 5% más eficiente, el ahorro sería equiparable al de las emisiones de 53 millones de coches. Según esta fuente, las diferentes investigaciones sobre las redes de comunicación que usa el sistema AMI para la recepción, almacenamiento e intercambio de información señalan algunos de los siguientes medios tecnológicos como: fibra óptica, red inalámbrica, *Programmable Logic Controller* (PLC) y otras que pueden ser combinadas. Novelec, (2020) las define de la siguiente manera:

Según (Wikipedia, Wikipedia, 2017), Fibra óptica: Se define como la manipulación de la luz controlada dentro de un cable, con terminaciones especiales y en placas especiales para que sea posible la transmisión.

Red inalámbrica: Es un término que se usa en informática, y permite la conexión de dos o más equipos, a través de una conexión por cables o por ondas electromagnéticas. Una de las ventajas es la eliminación del cableado ethernet y conexiones físicas entre nodos. (Wikipedia, 2027)

Las Redes *HAN* (*Home Area Network*) se utilizan para el diseño de casas y edificios inteligentes, las cuales permiten a diferentes dispositivos dentro de una casa intercambiar información sobre niveles de luz, agua, temperatura, presencia, etc. (Wikipedia, 2010)

Tabla 1

#### Otras Tecnologías de Comunicaciones AMI

| Cableado (Wired)   | Inalámbrico (Wireless)  |
|--|---|
| Cable de fibra óptica  | Radio frecuencia (RF) Red-Radio<br>Frequency (RF) mesh network. |
| Comunicaciones por línea de potencia<br>(Power-line communications –PLC) | RF-Cellular.  |

Fuente: adaptado de Energy.gov



“La Red Inteligente está destinada principalmente a familiarizar a lectores no técnicos pero interesados acerca de: la existencia y los beneficios derivados de una red eléctrica más inteligente; qué significa la aplicación de tal inteligencia para nuestra nación” (Smart Grid, 2010. p.14). Incorporar nuevas tecnologías en los sistemas de producción es lo que se recomienda para modernizar e innovar los procesos de producción, sin embargo, es una decisión de una alta inversión por ende debe ser analizada en relación a los beneficios que se obtendrán en el tiempo.

### **Costos en las empresas de distribución eléctrica**

Los cálculos correctos de pérdidas son importantes por varias razones. Hay dos métodos básicos que se pueden utilizar para calcular las pérdidas de energía técnica, un método basado en la sustracción de la energía medida comprada y la energía medida vendida a los clientes y un método basado en el modelado de pérdidas en componentes individuales del sistema. Para considerar las pérdidas técnicas en el sistema de distribución se incluyen: pérdidas de la línea de transmisión, pérdidas del transformador de potencia, pérdidas de la línea de distribución y pérdidas del transformador de baja tensión (Algburi & Yasen, 2011).

CNEL ha realizado una inversión de \$16.190.101,18 con financiamiento de organismos internacionales como el: BID, AFD y CAF en diferentes proyectos, pero ninguno ha sido focalizado para en la modernización de la infraestructura eléctrica, por lo cual, es posible considerar que los problemas que surgen en la entrega y calidad del servicio se vinculan a una bajo o nula inversión en los procesos de modernización del sistema administrativo (Coronel, 2012).

Se evidencia en el Informe de Rendición de Cuentas (2018) de la CNEL EP que la Unidad Milagro tiene una demanda de 808.365 Gigavatios-hora (GWh) de energía, equivalente al 5,37% del total nacional. Sin embargo, el 15,15% de esa energía se pierde en el transporte, aunque el mismo informe indica que para el 2019 se ha reducido el nivel de pérdidas con la actualización de equipos, todo esto en la parte técnica, que se enuncia, pero no prioriza en este documento .

Se puede encontrar otras pérdidas técnicas por: transporte, transformadores y los equipos de medición. La estandarización de protocolos de red y funcionalidades de dispositivos sigue siendo un área activa de investigación y desarrollo, especialmente debido a la prevalencia de

muchos protocolos en la industria. Las soluciones disponibles a menudo carecen de interoperabilidad entre los sistemas de hardware y software, lo que resulta en un bloqueo del proveedor (Ahmad et al., 2016). Los tipos de pérdidas a los que se refieren en esta investigación es a las comerciales, de acuerdo con los registros de CNEL (2017) las mismas se clasifican en:

Tabla 2

Tipos de pérdidas comerciales del sistema eléctrico

| Causa Pérdida de Energía | Descripción  |
|--------------------------|--|
| Hurto                    | La energía que es apropiada ilegalmente de las redes por usuarios que no poseen medición como ser: Conexiones clandestinas o provisionales no registradas.   |
| Fraude                   | Los usuarios manipulan el sistema de medición a fin de lograr que los consumos registrados sean inferiores a los reales.   |
| Administración           | Energía no registrada por problemas de gestión administrativa de la empresa.   |
| Pérdidas fijas           | Se presentan por el solo hecho de energizar la línea y (o) el transformador en el cual se producen y ocurren igualmente, aunque la carga sea nula, y su variación depende en segundo orden de la demanda. Así por ejemplo las pérdidas por corrientes parásitas e histéresis de un transformador dependen de los parámetros técnicos de este y del voltaje en que opera. Dado que este solo varía en un pequeño porcentaje con la demanda (generalmente no supera el 5%) puede considerarse que estas pérdidas son fijas (Rivera, 2013). |
| Pérdidas Variables       | Son las que dependen de la demanda, como por ejemplo las producidas por efecto Joule.  |

Fuente: Documentos de CNEL (CNEL EP, 2017)  
Elaboración propia

Otros costos que deben considerarse en el precio del servicio y que se considera como uno de los problemas que tiene el sistema eléctrico del Ecuador son los “costos de operación en todas las fases (generación, transmisión y distribución) –que-se han mantenido casi en los

mismos niveles durante los últimos 10 años. Según datos de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (Arconel) citado en Diario la Hora (2019) la energía disponible en la etapa de distribución, en el último año, fue 22.788,39 GWh; de esta cantidad, 2.618,13 GWh, correspondiente al 11,49% a escala nacional, fueron pérdidas de energía.

Según los documentos de la empresa CNEL EP (2018) se identifican los siguientes costos para la implementación del sistema de medición avanzada:

- Costos de infraestructura básica. Materiales requeridos necesarios según la cantidad de sectores que se gestione a renovar.
- Costos de Mano de Obra. Costos indispensables para la implementación y control del buen funcionamiento del sistema, se presupuesta salarios del personal técnico y operario requerido para realizar el cambio del sistema convencional, la instalación del nuevo sistema y el proceso de retroalimentación del funcionamiento y mantenimiento de los equipos.
- Costo de mantenimiento, con el fin de garantizar un buen funcionamiento y vida útil de los equipos instalados para aumentar los procesos de productividad se requiere de \$82.800,00 anuales. En la tabla 2 se resume la inversión presupuestada por la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Milagro, para la implementación del Sistema de medición avanzada, costos de materiales y aparatos medidores.

## **MARCO LEGAL**

Se establece que en el Ecuador se cuenta con un marco legal favorable para la implementación del sistema analizado. Según la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor (UDLA, 2019) en el Ecuador se señala que los medidores inteligentes, aportan nuevas funcionalidades que favorecen la comunicación bidireccional entre la empresa de suministro de electricidad y los usuarios, incluyendo a eventuales nuevos agentes intermedios (comercializadores de energía, empresas de servicios energéticos, gestores de recarga de vehículos eléctricos, etc.) (Johnson, 2013).

En el año 2013, se proponen un sin número de proyectos que promuevan el uso de energía provenientes de fuentes renovables en el marco del Plan Nacional del Buen Vivir (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008), con los cuáles se busca esencialmente lograr la inversión

extranjera para su implementación en otras localidades del Ecuador, dado que solo se ha experimentado su aplicación en pocos barrios de la ciudad de Guayaquil y Quito en el 2011 y con inversión de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo.

## METODOLOGÍA

Para determinar la relación costo beneficio se precisa identificarlos para luego ir a la aplicación del Sistema AMI, para lo cual, se hace se procede a la revisión bibliográfica y documental que permita conocer los detalles técnicos del sistema antes señalado, y la revisión de informes presupuestarios determinados por el personal gerencial de CNEL UN Milagro que permita determinar los costos principales para su aplicación.

La metodología que se usará permite un proceso de recopilación de datos, y que considere otros elementos para el análisis. La técnica utilizada para obtener información sobre el objeto de estudio de la investigación planteada es la entrevista estructurada, de forma individual, y para el procesamiento de la información recopilada se usará el método de análisis por categorías para resumir lo encontrado. Los sujetos de estudios son los cuatro jefes técnicos de la Central de CNEL.

Se procede a la estructuración de las preguntas para el proceso de entrevista que se realizará a una persona cualificada relacionada al área comercial de CNEL UN Milagro, que permita tener la información más relevante para responder a los objetivos planteados. En el proceso de análisis de la información obtenida se procede a identificar los beneficios de la aplicación del sistema, y que además se relacionen a los costes identificados mediante revisión bibliográfica y documental, tratando con ello de identificar conexiones entre la aplicación del sistema y los beneficios que se generen. Se resalta que toda la investigación analiza si es posible la implementación del sistema AMI en la ciudad de Milagro, se resalta que a la fecha de redacción del presente artículo no existe una implementación en la ciudad.

Las categorías son las siguientes:

- Nivel de satisfacción a nivel interno y externo.
- Reducción de pérdidas comerciales del servicio.
- Nivel de Eficiencia del servicio.
- Factibilidad de aplicación de AMI
- Condiciones de confiabilidad de un sistema como el AMI.

## RESULTADOS ENCONTRADOS

A través de la utilización del método de entrevista estructurada se logra recopilar información relevante en relación a los beneficios de la implementación del sistema. La entrevista fue realizada a la Directora Comercial de CNEL UN Milagro y a los técnicos del área de logística, de la cual se desprenden los siguientes beneficios resumidos por categorías en relación al Sistema AMI:

Tabla 3

| Categoría   | Definición  | Categorías analizadas en relación a los beneficios del Sistema AMI |      |       |      |         |
|---|---|--|------|-------|------|---------|
|   |   | Muy Alto   | Alto | Medio | Bajo | Ninguno |
| <b>Nivel de satisfacción</b>                          | Con la implementación del Sistema de Medición Avanzada permitirá la automatización de los procesos, por lo cual, los procesos serán más ágiles y con menos fallas, permitiendo los usuarios tengan un mejor servicio y que el personal de la empresa reduzca los tiempos en sus líneas de producción, y por ende costos. Además, que los usuarios podrán conocer constantemente sus consumos.   |  | X    |       |      |         |
| <b>Reducción de pérdidas comerciales del servicio</b> | En las últimas décadas CNEL ha presentado grande pérdidas con relación a consumo de energía por diferentes causas como la manipulación de medidores, falta de pagos, conexiones ilegales entre otras, por lo cual, con la instalación de los medidores inteligentes evitará la manipulación o alteración del consumo de energía, además de que ya no es necesario una empresa intermediaria para los procesos de lectura, corte y reconexión, dado que el sistema permite un proceso de emisión, envío y almacenamiento de información. Lo cual, permitirá la reducción de los costes de lecturas, conexión, cortes, reconexión, facturación entre otros. | X  |      |       |      |         |
| <b>Nivel de Eficiencia</b>                            | El disminuir tiempos entre procesos permite aumentar los niveles de eficiencia del servicio, sumado a este mecanismo permite una mayor cobertura dado que requiere toda la estructura convencional para su transmisión, dado que usa tecnología de redes informáticas domésticas. No obstante, en el Ecuador ese sistema aún no funciona al 100% limitando los procesos de este sistema.  |  | X    |       |      |         |

|                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| <b>Factibilidad de aplicación.</b>   | Si bien CNEL UN Milagro no ha invertida para la realización de un estudio de factibilidad, se cuenta con información de otras provincias como la de Azuay que permite conocer que es posible realizar una inversión para renovar la estructura energética, además se cuenta con otros proyectos pilotos que se dieron en el Ecuador como fue la instalación de medidores inteligentes en el 2011 en algunos barrios residenciales de Guayaquil, tendiendo buenos resultados. | X |
| <b>Condición s de confiabilidad.</b> | El uso de Redes HAN lleva consigo un riesgo alto en relación a que puedan ser hackeadas si no se toman las medidas de seguridad correspondiente, afectando directamente al sistema. No obstante, el que la información no sea manipulada por agentes intermediarios generan altos niveles de confiabilidad en los procesos transmisión de información en relación a los consumos de energía.   | X |

Fuente: Entrevistas

Elaboración propia.

Tabla 3

Relación Costo Beneficios Sistema AMI

| Descripción beneficios   | Costos  | Beneficios  |
|--|---|---|
| Coste de instalación inicial:<br>Materiales<br>Mano de Obra en procesos de<br>instalación<br>Mantenimiento | \$16. 272,901 (Incluye costos<br>de mantenimiento<br>\$82.800,00) | Los costes de la implementación inicial,<br>deben ser considerados en relación a que<br>el sistema  |
| Costos de lectura, corte y<br>reconexión   |   | \$101.788,00<br>\$121.008,22  |
| Costos por pérdidas de energía   |   | \$22,279.622 (Ahorro para la empresa)   |
| Administración, transportación y<br>gestión (Aproximados)  | \$100.000 (Anuales)   | Se evitaría concesiones o<br>subcontrataciones para procesos<br>operarios que se usan el sistema<br>convencional, siendo un gran ahorro<br>económico que se puede destinar a la<br>re inversión.<br>\$100.000 |

| Técnica y calidad                                  |  |  |
|--|--|--|
| Procesos de gestión y operatividad automatizados.  | Nivel medio de sufrir fallas, dado la inversión en la calidad de redes de comunicación Han, Lan  | Reduciendo el tiempo de gestión y evitan inconformidad y fugas de energía.   |
| Redes de Información integradas                    | Fallas en la red por hackers   | Permite una mejor conexión entre todos los departamentos de CNEL para resolver inconvenientes.   |
| Mejora le eficiencia y eficacia                    | Incorre en costos de mantenimiento para garantizar que el sistema funcione adecuadamente.  | Devuelve la confianza a los usuarios en la empresa, al recibir un servicio de calidad, evitando costos por manipulación de los equipos de energía.<br>Tendrá una mayor cobertura a nivel nacional. |
| Información del consumo de energía en menor tiempo | Este beneficio se garantiza mediante una correcta conexión a los medios informáticos y funcionamiento adecuado del sistema, incluido en los costos de mantenimiento. | Los usuarios y el personal de la empresa tendrán diariamente si así lo requieren la información de sus consumos, lo cual permite racionalizar el servicio.   |

Fuente: Entrevistas  
Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Dado que las Redes Inteligentes constituyen un cambio de paradigma y proponen otros tipos de soluciones innovadoras, el fortalecimiento de la infraestructura energética implica incrementar la eficiencia y eficacia del servicio. La implementación del sistema de medidores inteligentes AMI permitirá optimizar recursos humanos, costos de inversión, soporte técnico, y contribuirá a mejorar el sistema de comunicación en red, modernizando de esta forma la infraestructura energética de la ciudad de Milagro, contribuyendo a que los procesos de gestión en el área gerencial se desarrollen con rapidez y que el servicio brindado sea de mejor calidad y mayor cobertura en el territorio analizado.

La implementación del sistema AMI, al ser una Red inteligente es susceptible a robos informáticos, por lo cual, es necesario invertir en procesos de seguridad en las redes para garantizar la confiabilidad de la información. Además de la necesidad de que es necesario un correcto sistema de conexión de internet que evite las fallas en el sistema.

Con el fin de poder analizar la relación costo beneficios de la implementación del Sistema AMI en la ciudad de Milagro, se procede en primer punto con la identificación de los costos que significan directamente pérdidas económicas para la empresa, se precisan como costos al consumo de materia prima, los salarios, aportes patronales, del personal de apoyo, administración o control de la producción y otros cargos que se hacen desde el departamento de operaciones o producción, como: materiales indirectos, depreciación y mantenimiento de las instalaciones o equipos de producción entre otros.

Tabla 4  
Presupuesto de Cambio de Sistema de Medición (AMI)

| ITEM       | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD  | CANTIDAD | P.U 2019   | SUBTOTAL         |
|------------|---|---------|----------|------------|------------------|
| <b>1.</b>  | <b>MATERIALES</b>                                       |         |          |            |                  |
| <b>1.2</b> | <b>MEDIDORES</b>  |         |          |            |                  |
|            | COLECTOR AMI RF MESH                                    | c/u     | 170      | \$3.750,00 | \$637.500,00     |
|            | REPETIDOR AMI RF MESH                                   | c/u     | 3216     | \$242,00   | \$778.272,00     |
|            | MEDIDOR ELECTRONICO FORMA 9S CLASE 20 120/208V AMI RF   | c/u     | 45000    | \$172,50   | \$7.762.500,00   |
|            | MEDIDOR ELECTRONICO FORMA 12S CLASE 200 120-480V AMI RF | c/u     | 106      | \$685,00   | \$72.610,00      |
|            | HERRAMIENTA HANDHELD AMI                                | c/u     | 170      | \$7.500,00 | \$1.275.000,00   |
|            | TC 200/5  | c/u     | 8462     | \$121,86   | \$1.031.179,32   |
|            | CAJA METALICA CON ABRAZADERA 9 1/2                      | c/u     | 22000    | \$140,00   | \$3.080.000,00   |
|            | BASE SOCKET 4S  | c/u     | 106      | \$121,18   | \$12.845,08      |
|            | MULTICONDUCTOR  | c/u     | 4231     | \$8,00     | \$33.848,00      |
|            | <b>SUBTOTAL MATERIALES</b>                              |         |          |            | \$ 14.683.754,40 |
| <b>2</b>   | <b>MANO DE OBRA</b>                                     |         |          |            |                  |
|            | MANO DE OBRA COLECTOR                                   | \$90,00 |          | 170        | \$ 4.500,00      |
|            | MANO DE OBRA MEDIDOR MASIVO                             | \$25,66 |          | 45000      | \$ 13.676,78     |
|            | MANO DE OBRA MEDIDOR OTROS                              | \$60,22 |          | 106        | \$ 6.383,32      |
|            | <b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>                            |         |          |            | \$ 24.560,10     |
|            | <b>SUBTOTAL MATERIAL Y M.O.</b>                         |         |          |            | \$ 14.708.314,50 |
|            | <b>IVA DE LA OBRA(12% de subtotal)</b>                  |         |          |            | \$ 1.764.997,74  |
|            | <b>TOTAL DE LA OBRA</b>                                 |         |          |            | \$ 16.473.312,24 |
|            | <b>TOTAL DEL PROYECTO</b>                               |         |          |            | \$ 16.473.312,24 |

Fuente: Datos de CNEL Unidad de Negocios Milagro  
Elaboración propia

El análisis de costos permite optimizar los recursos para la prestación del servicio, pasando de un esquema tradicional en el que la generación se hace de forma centralizada y lejos de los centros de consumo para un esquema híbrido en el que parte de la energía viene de lugares cercanos al usuario e incluso de su propia instalación. En este escenario, el usuario tendrá un papel activo en la determinación del precio, ya que puede interferir en la planificación y operación de la red, gracias al almacenamiento de energía, eficiencia energética y uso de energías renovables, entre otros (Uribe-Pérez, 2016).

Costos por lecturas, cortes y reconexión. Este valor se genera actualmente con el sistema eléctrico convencional, que requiere de personal técnico que realice el proceso de lectura, corte y reconexión a los usuarios que se atrasan en el pago mensual del servicio, por lo



general hace subcontrato a otra empresa para que realice estos procesos. Dado la implementación del Sistema de medición avanzada, este valor desaparecería en su totalidad convirtiéndose en un ahorro (beneficio) de \$1221659, 52 para la empresa CNEL que puede ser reinvertido.

Tabla 5  
Costos por Cortes y reconexiones  
OTROS SERVICIOS LECTURAS CORTES Y RECONEXION

| SERVICIO               | COSTO UNIT. | CANT. CLIENTES | SUBTOTAL       |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|
| CORTE Y RECONEXIÓN     | \$17,00     | 5.564          | \$94.588       |
| LECTURAS               | \$0,16      | 45.106         | \$7.216,96     |
| COSTOS TOTALES ANUALES |             |                | \$1.221.659,52 |

Fuente: CNEL  
Elaboración propia

Tabla 6  
Costos beneficio de AMI

| Costo/Beneficio              | AÑO 1             | AÑO 2             | AÑO 3            | AÑO 4            | AÑO 5           | AÑO 6                 | AÑO 7          |
|------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| Depreciación de la inversión | \$ -16.540.595,35 | \$ -12.636.704,55 | \$ -8.732.813,75 | \$ -4.828.922,95 | \$ -925.032,16  | <b>\$2.978.858,64</b> | \$6.882.749,44 |
| Disminución de los costos    | \$ 3.903.890,80   | \$ 3.903.890,80   | \$ 3.903.890,80  | \$ 3.903.890,80  | \$ 3.903.890,80 | <b>\$3.903.890,80</b> | \$3.903.890,80 |

Fuente: CNEL  
Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el cálculo del costo beneficio indica que en el sexto año, se habría recuperado toda la inversión, para el séptimo año este ascenderá a \$6.882.749,44 dólares, marcando una notoria mejoría en los ingresos de la empresa.

Con la implementación de los principales costos, que se vinculan a la implementación del sistema de mediación avanzada AMI, se detallaran a continuación los principales beneficios de una renovación de infraestructura y utilización de mecanismos inteligentes en el servicio de energía eléctrica, en relación a análisis de documentos, de los costos del sistema convencional eléctrico vigente y la interpretación de la entrevista realizada a la Ing. Mariela Vinueza, Msc. Directora Comercial UN Milagro CNEL EP.

Tabla 7  
Beneficios técnicos de la implementación del Sistema AMI

| Característica                                  | Descripción  |
|---|--|
| Las características bidireccionales del sistema | Permite una mejor comunicación en el manejo de la información. |

|   |  |
|---|--|
| El uso de Redes Han (Redes domésticas).   | Contribuyen a la eliminación del sistema cableado por postes, permite llegar a localidades más lejanas del sector urbano.          |
| Capacidad de lectura automatizada, dado que la información es enviada a una base de almacenamiento de la empresa. | Al no requerir de un personal para la lectura del sistema, la facturación es más confiable.  |
| Sistema de doble vía, permite el almacenamiento constante de información.   | Los usuarios pueden controlar su consumo diario en línea.  |
| Lecturas inteligentes de consumo.   | Reduce costos de corte y reconexión del servicio, fallas del servicio y costos de transporte                                       |
| Red Integral de información.  | Permite mantener una red de información disponible para todas las áreas: técnica, operativa, financiera, contable, comercial, etc. |
| Reducción de tiempos en conocer la información de consumo de energía.   | Aumenta los niveles de eficiencia del servicio.  |

Fuente: (Mahmood, 2015)

Elaboración propia.

En relación a ello, también se puede argumentar que el Sistema de Mediación Avanzada ha sido instalado y comprobado desde el año 2001, en países como Estados Unidos, Alemania, España, Colombia entre otros, teniendo grandes resultados y beneficios de su implementación por lo cual se ha extendido a otros servicios como el de agua, telefónica entre otros. El ahorro de costos que se podría lograr con los rollos de camiones evitados y el final de la lectura manual del medidor. Ahora más de una década desde que los medidores inteligentes llegaron a la industria, las empresas de servicios públicos están aprendiendo que el valor de AMI va mucho más allá de registrar el uso de energía. Los medidores avanzados son sensores de punto final que proporcionan información granular sobre las operaciones del sistema, lo que permite a las empresas de servicios públicos operar de manera más eficiente y sobre el uso de energía del cliente, brindando oportunidades para desarrollar una nueva relación con sus clientes (Smartgrid.gov, 2016, p.6).

## CONCLUSIONES

- Para identificar los costos de implementación del Sistema de Medición Avanzada AMI se analizó los presupuestos estimados de CNEL UN Milagro, lo que permitió identificar la inversión.

- En relación a la identificación de los beneficios se hizo uso del método de entrevista estructurada y análisis por categorías, y sus resultados fueron a favor del cambio en todas las dimensiones estudiadas.
- Una vez identificados los costos beneficios de la implementación del Sistema AMI, con tabla de flujos, se demuestra que al comparar por flujos los costos versus los beneficios identificados de la implementación del sistema AMI reduciría de forma interesante costos e ineficiencia de la organización llegando al retorno de la inversión en el final del año tres.
- La morosidad disminuirá por la efectividad de corte del medidor AMI.
- Facturación incrementará debido a la reducción de pérdidas por hurto de energía.
- El error por toma de Lectura disminuirá y ya no existirán lecturas propuestas.
- Mejorará significativamente el tiempo de reconexión de los clientes
- Incremento de calidad de servicio y satisfacción del cliente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. W., Mourshed, M., Mundow, D., Sisinni, M., & Rezgui, Y. (2016). Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings*, 120, 85-102.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.059>
- Algburi, S., & Yasen, M. (2011). Evaluation of Electric Energy Losses in Kirkuk Distribution Electric System Area. *ResearchGate*.  
[https://www.researchgate.net/publication/315516397\\_Evaluation\\_of\\_Electric\\_Energy\\_Losses\\_in\\_Kirkuk\\_Distribution\\_Electric\\_System\\_Area](https://www.researchgate.net/publication/315516397_Evaluation_of_Electric_Energy_Losses_in_Kirkuk_Distribution_Electric_System_Area)
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Presidencia de la República del Ecuador.
- Bagdadee, A., & Zhang, L. (2019). *Smart Grid: A Brief Assessment of the Smart Grid Technologies for Modern Power System*.
- Energy.gov. (2016). *Energy.gov*. Energy.gov. <https://www.energy.gov/energygov>
- CNEL EP. (2017). *Medidores inteligentes para el norte de Guayaquil*. Retrieved from Corporación Nacional de Electricidad CNEL:  
<https://www.cnelep.gob.ec/2017/06/medidores-inteligentes-norte-guayaquil/>
- CNEL EP. (2018). *Informe de Rendición de cuentas*.
- Coronel, D. I. (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.*. Retrieved from Universidad Politécnica Salesiana:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1933/12/UPS-CT002400.pdf>

- Diario La Hora. (2019, abril 24). *Ecuador está entre los cinco países con las tarifas eléctricas más bajas de la región*. Retrieved from <https://lahora.com.ec/noticia/1102238518/ecuador-esta-entre-los-cinco-paises-con-las-tarifas-electricas-mas-bajas-de-la-region>
- Gómez L., J. M., Castán L., R., Montero C., J. C., & Meneses R., J. &. (2015). *Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas*. Boletín , INEEL.
- Huacuz, J. (2011). El camino hacia la energía verde en México: reflexiones sobre las perspectivas para la implementación a gran escala y sostenible de la energía renovable. *Política energética*, 33 (16), 2087-2099. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.06.004>.
- Johnson, C. &. (2013). Energía (in) seguridad en Polonia el caso del gas de esquisto. *Energy Policy*, 53, 389-399 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.068>.
- Lee, Y. P. (2012). Las redes inteligentes de energía y su implementación en ciudades sostenibles: RG-T2058. . *Inter-American Development Bank*, 1-84.
- Mahmood, A. J. (2015). Una revisión de las comunicaciones inalámbricas para smart grid. *Revisiones de energía renovable y sostenible*, 41 , 248-260 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.036>.
- McHenry, M. P. (2013). Consideraciones técnicas y de gobierno para la medición avanzada de infraestructura / medidores inteligentes: tecnología, seguridad, incertidumbre, costos, beneficios y riesgos. *Energy Policy*, 59, 834-842 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.048>.
- Uribe-Pérez, N. H. (2016). State of the art and trends review of smart metering in electricity grids. *Applied Sciences.*, 6(3), 68 <https://doi.org/10.3390/app6030068>.

Wikipedia. (2010, 06 20). Retrieved 06 30, 2020, from

[https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_dom%C3%A9stica#:~:text=Una%20red%20dom%C3%A9stica%20o%20red,las%20inmediaciones%20de%20una%20casa](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_dom%C3%A9stica#:~:text=Una%20red%20dom%C3%A9stica%20o%20red,las%20inmediaciones%20de%20una%20casa).

Wikipedia. (2017, 05 17). *Wikipedia*. Retrieved 07 20, 20, from Wikipedia:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)

Wikipedia. (2027, 05 18). Retrieved 07 21, 2020, from

[https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica)

Véliz, K. D., Kaufmann, R. K., Cleveland, C. J., & Stoner, A. M. K. (2017). The effect of climate change on electricity expenditures in Massachusetts. *Energy Policy*, 106(March), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.016>

## ANEXO

### Anexo 1 Formato de entrevista

- ¿Hay un buen nivel de satisfacción a nivel interno y externo?
- ¿Existen pérdidas comerciales del servicio?
- ¿Cuál es el nivel de Eficiencia del servicio?
- ¿Existe factibilidad de aplicación de un sistema de facturación electrónica?
- ¿Son confiables los sistemas de facturación remota?

### Anexo 2 Operacionalización de variables

#### Objetivo específico 1

Identificar los costos que genera la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro.

| Unidad de Observación                 | Variables   | Dimensiones   | Indicadores   | Categorías / Valores  |
|---------------------------------------|-------------|---|---|-----------------------|
| Costo de la dirección comercial       | Costos      | Costos de la implementación del sistema de medición Smart Meter AMI | Nivel del costo de implementación de sistema SM AMI                       | Alto<br>Medio<br>Bajo |
| Presupuesto de la dirección comercial | Presupuesto | Presupuesto requerido para implementación de sistema SM AMI         | Porcentaje de presupuesto requerido para implementación de sistema SM AMI | Porcentaje            |

### Objetivo específico 2

Identificar los beneficios que genera la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro.

| Unidad de Observación                 | Variables  | Dimensiones   | Indicadores   | Categorías / Valores  |
|---------------------------------------|------------|---|---|-----------------------|
| Funcionario de la dirección comercial | Beneficios | Beneficios de la implementación del sistema de medición Smart Meter AMI | Nivel de beneficio en relación al costo de implementación de sistema SM AMI | Alto<br>Medio<br>Bajo |

### Objetivo específico 3

Comparar Costos vs Beneficios identificados de la implementación del sistema de medición Smart Meter Ami en Cnel - Unidad de Negocio Milagro.

| Unidad de Observación   | Variables         | Dimensiones  | Indicadores  | Categorías / Valores  |
|---|-------------------|--|--|-----------------------|
| Informes generados de costos y beneficios de la dirección comercial | Costo - beneficio | Matriz comparativa de costo - beneficio de la implementación del sistema de medición Smart Meter AMI | Nivel de factibilidad de la implementación del sistema de medición Smart Meter AMI | Alto<br>Medio<br>Bajo |