

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI EN CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

Autor: YECKSON FABIAN VERGEL NUÑEZ Código: 23551924582

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Programa Académico: Tecnología Electromecánica
Universidad Antonio Nariño
Cúcuta
e-mail institucional autor: yvergel88@uan.edu.co*

*Director:
Ing. Electricista M. Sc. OSCAR ORLANDO GUERRERO DIAZ
e-mail institucional del director: oscguerrero@uan.edu.co*

RESUMEN: El trabajo de grado plantea el análisis para implementar la tecnología AMI (Infraestructura de Medición Avanzada) en la ciudad de Cúcuta fundamentado en las experiencias internacionales y nacionales. La implementación a nivel nacional ha sido exitosa en varias ciudades del país, proporcionando una experiencia a nivel técnico, comercial y normativo, que sirve de insumo para un análisis amplio que permita implementar esta Tecnología en la Empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander CENS EPM S.A.

La empresa CENS EPM ha venido aplicando tecnologías y procesos que permiten disminuir las pérdidas de energía en las instalaciones del servicio domiciliario e industrial. Como parte fundamental del análisis de factibilidad, se realiza un diagnóstico de la información pertinente donde se toman los principales conceptos relacionados con el sistema Smart Grids, infraestructura de medición avanzada, medidor inteligente, principales derechos del consumidor, temas normativos y regulatorios en el territorio Nacional Colombiano.

El trabajo de grado se centra en el análisis de

dos aspectos fundamentales que son:

- a. Análisis técnico de dispositivos y equipos de medición bidireccional que interconectan la línea de distribución de energía eléctrica pública con el usuario.
- b. Análisis de la arquitectura de la red de telecomunicaciones que transporta información que se genera entre los usuarios y el operador de red (OR).

Como parte fundamental del proceso de implementación se estiman aspectos técnicos, económicos, ambientales, tecnológicos y sociales del proceso de implementación de la tecnología AMI, determinando los beneficios presentados para la empresa CENS EPM de Norte de Santander y los usuarios.

PALABRAS CLAVE: Factibilidad, análisis, demanda, radiación, medidor, eficiencia.

ABSTRACT: The degree work proposes the analysis to implement the AMI technology (Advanced Measurement Infrastructure) in the

city of Cúcuta based on international and national experiences. The implementation at the national level has been successful in several cities of the country, providing an experience at a technical, commercial and regulatory level, which serves as input for a broad analysis that allows the implementation of this technology in the Empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander CENS EPM S.A.

The company CENS EPM has been applying technologies and processes that allow reducing energy losses in residential and industrial service facilities. As a fundamental part of the feasibility analysis, a diagnosis of the pertinent information is carried out where the main concepts related to the Smart Grids system, advanced metering infrastructure, smart meter, main consumer rights, normative and regulatory issues in the national territory are taken. Colombian.

The degree work focuses on the analysis of two fundamental aspects that are:

- a. Technical analysis of bidirectional metering devices and equipment that interconnect the public electricity distribution line with the user.
- b. Analysis of the architecture of the telecommunications network that transports information that is generated between users and the network operator (OR).

As a fundamental part of the implementation process, technical, economic, environmental, technological and social aspects of the AMI technology implementation process are estimated, determining the benefits presented for the company CENS EPM of Norte de Santander and the users.

KEY WORDS: Feasibility, analysis, demand, radiation, Meter, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Actualmente, la implementación de las nuevas tecnologías de medición han llevado a los operadores de red (OR) a instalar equipos de medición inteligentes buscando mejorar la prestación del servicio en cuanto a calidad, control, optimización y administración de la red; ambientalmente minimizar la contaminación con CO₂, promoviendo la generación distribuida aplicando tarifas en horarios pico, logrando la optimización en el consumo y así bajar costos de operación, comercialización y reducir las pérdidas de energía, estimulando de esta forma al usuario final a instalar este tipo de medidor inteligente bidireccional.

A. ANTECEDENTES

A nivel internacional

Experiencias internacionales con AMI resaltan la definición de marcos regulatorios que sirven de apoyo para la implementación de medidores inteligentes en países diferentes como se observa en la tabla 1:

Tabla 1. Proyectos AMI internacional

País	Proyecto	Año de Proyección	Descripción
Francia	Programa Link	2021	35 millones de medidores inteligentes, sin costo para el usuario.
España	Proyecto Star	2018	10 millones de medidores. Un programa de tele-gestión y automatización de la red.
Italia	Proyecto Telegestore.	2016	Cambió 32 millones de contadores segunda fase instalar 21 millones más.

Fuente: Téllez, S. M., Rosero, J. y Céspedes, R. (2018).

A nivel nacional

En el año 2018 la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) divulgó un

documento presentando los principales aspectos y conclusiones referentes a la tecnología AMI y sus potenciales beneficios e impactos en el país con su implementación. Este documento fue elaborado en conjunto con los OR, comercializadoras de energía, constructores de equipos de medición inteligente, diseñadores de Software, empresas especializadas en el tratamiento de información y representantes del Estado. Este documento planteó los lineamientos y aspectos reconocidos por la comisión como base para el desarrollo de la regulación de la infraestructura AMI en el país. La comisión contrató a la UTP Universidad Tecnológica de Pereira para el estudio y obtención de insumos para desarrollar la regulación.

Se hicieron otros estudios contratados por la comisión y finalmente en el 2022 se entregó el documento regulatorio Resolución CREG 101 001 Enero 18 de 2022; allí se expresa las funciones de la tecnología AMI, la interoperabilidad y ciberseguridad, la gobernanza de datos, implementación de AMI en Colombia. (Ver Anexo A).

En el país se han desarrollado proyectos pilotos por parte de empresas relacionadas en la tabla 2.

Tabla 2. Proyectos AMI pilotos en Colombia

EMPRESA	MEDIDORES INSTALADOS	DESCRIPCIÓN
Proyecto AMI EMCALI	14500	Factible implementación en un sistema pre-pagado con posibilidad de conexión y desconexión remota.
ELECTRI-CARIBE, Proyecto de Medición AMI	45000	Control de las posibles manipulaciones no autorizadas y logrado una disminución de pérdidas no técnicas del orden
EPSA-Centro de Gestión de la Medida	9000 medidores AMR y 2000 Medidores AMI	Reducción de pérdidas de 5 GWh en sistemas con medidores AMR.

Fuente: Téllez, S. M., Rosero, J. y Céspedes, R. (2018).

A nivel local

Localmente en la ciudad de Cúcuta CENS EPM Norte de Santander siguiendo los

lineamientos de la CREG está en el proceso de planificación del proyecto AMI para su implementación y se espera para el año 2030 tener implementado el proyecto en un 95% cumpliendo con la meta propuesta por el Ministerio de Minas y Energía.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La electricidad se convirtió en uno de los inventos vitales para la subsistencia de la humanidad, que ha venido usándola como pilar principal en su desarrollo como sociedad, permitiendo el progreso de la tecnología en la vida moderna, con equipamiento moderno destinado para el esparcimiento y comodidad; esto demanda mayor consumo de energía lo cual genera incremento en el consumo por parte del usuario que se ve afectado por las altas tarifas y el deterioro del medio ambiente debido a las emisiones de carbono.

En la región de Norte de Santander se cuenta con un solo distribuidor u operador de red que es CENS la cual lidera la distribución y comercialización de la energía eléctrica (plan de inversiones según Resolución 015 de la CREG), fortaleciendo su competitividad con la renovación de la infraestructura para brindar un mejor servicio, mejorando y actualizando sus procesos internos, también capacitando el personal de planta como sus colaboradores externos.

Por su parte, en el tema de la sostenibilidad ambiental se encuentra en los primeros lugares a nivel país liderando la aplicación de energías limpias y renovables, mostrando siempre la necesidad de implementar herramientas tecnológicas manteniendo la inversión, innovación y desarrollo, logrando altos estándares de sostenibilidad ambiental, lo mismo que seguir con los programas de la facturación idónea por parte de sus clientes evitando los fraudes y entregando un servicio eficiente en las zonas rurales y urbanas evitando reclamaciones en la facturación por errores de lectura los cuales afectan la imagen corporativa.

III. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente trabajo, establece su interés y crédito en los parámetros técnicos, ambientales y económicos requeridos para formular un proyecto aplicando tecnologías inteligentes.

En la ciudad de Cúcuta CENS como OR entiende la importancia de implementar la tecnología AMI para el mejoramiento de la infraestructura actual de medición lo cual representa un gran avance en gestión de mercadeo y así dar un paso importante para el cumplimiento de las normas y directrices emitidas últimamente por los entes de control energético.

La propuesta de aplicar la arquitectura de medición AMI se sustenta en las buenas experiencias obtenidas en países como España, Francia e Italia, algunos asiáticos.

También se busca llegar a las metas propuestas por la cartera de minas y energía para el año 2030, donde se deben conectar el 50% de usuarios rurales y un 95% de los usuarios urbanos a la nueva tecnología AMI.

Con el desarrollo del presente trabajo de grado, el estudiante proponente da cumplimiento al requisito para recibir el título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad para la implementación de la tecnología AMI en la empresa CENS EPM.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar análisis técnico de factibilidad para la implementación de la tecnología (AMI), definiendo los elementos para su aplicación en la ciudad de Cúcuta empresa CENS EPM.

Determinar el aporte al desarrollo Sostenible en Colombia con la implementación de la tecnología (AMI) en la ciudad de Cúcuta.

Realizar un informe técnico considerando las diferentes teorías administrativas para la implementación del proyecto AMI en CENS EPM Norte de Santander.

V. ALCANCE Y LIMITACIONES

A. ALCANCE

El presente trabajo de grado tiene como alcance el informe del Análisis técnico de factibilidad de la implementación de la tecnología (AMI), en la empresa CENS EPM.

Generar propuestas para mejorar el desarrollo de la investigación en el campo de la medición en sistemas de Medición bidireccional de la red pública con dispositivos inteligentes, aplicando la normativa del RETIE, CREG y CENS EPM.

B. LIMITACIONES

El presente trabajo de grado se limita al Análisis para implementar la tecnología AMI en la ciudad de Cúcuta en la empresa CENS EPM.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes de la Energía Eléctrica

Históricamente el concepto de desarrollo ha estado ligado a la evolución misma de la humanidad y con el pasar de los siglos el ser humano ha buscado incansablemente lograr su estado de bienestar que le permita satisfacer sus necesidades y superar sus expectativas, creando herramientas útiles para el quehacer diario. Una de ellas es la energía, que ha tenido una transformación a través de los tiempos, logrando su generación por medio de los recursos naturales y extendiendo su

servicio en las diferentes ramas de la vida humana (trabajo, educación, transporte, vivienda, entre otros).

B. Servicio Público Domiciliario (SPD)

El término de servicios públicos data de mediados del siglo XIX en Francia y ha tenido desde entonces gran importancia en países occidentales y en el continente americano, siendo vital el acceso a los mismos a través del Estado o empresas del sector privado: en Colombia se concebían integralmente y sin darles un tratamiento diferente hasta 1886, cuando se promulga la Constitución Política de Colombia y donde se determinan como Servicios Públicos Domiciliarios (acueducto, electricidad, gas, telefonía y aseo), separándolos de otros servicios públicos como el transporte, la salud, la educación, entre otros. Se entiende entonces por SPD a los bienes y servicios tangibles o intangibles que reciben las personas en su lugar de residencia o trabajo y que están directamente relacionados con satisfacer necesidades básicas.

Figura 1. Servicios públicos



Fuente: Autor

C. Energía Eléctrica como Servicio Público Domiciliario

De los recursos naturales explotados por el hombre para ser utilizados como combustibles en la generación de energía eléctrica están el carbón mineral, gas natural y el petróleo; esta energía generada va hacia el consumidor final

o usuario que la utiliza como servicio público para sus necesidades domésticas en el uso de equipos y aparatos electrónicos como principal referente.

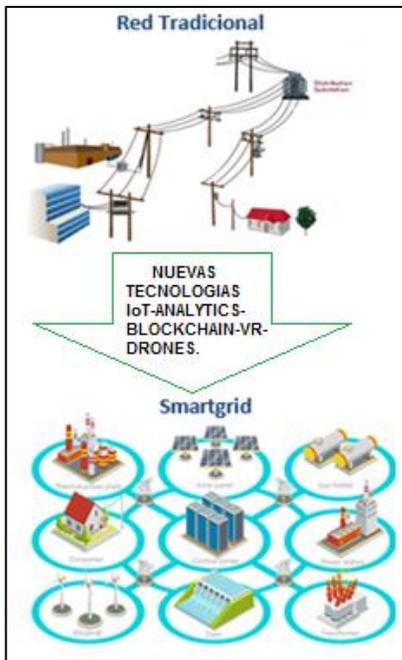
También se estipula que la electricidad define al mundo moderno por su importancia dentro de todos los procesos de modernización, teniendo en cuenta que desde la misma era de las tecnologías de la información dependen completamente de la energía eléctrica, convirtiéndose en un factor fundamental para los consumidores en el mundo y a su vez para Colombia, quien la cataloga como parte esencial del desarrollo interno por el potencial que se tiene para poder generarla y los diferentes usos que hacen los ciudadanos y el Estado de ella. El gobierno nacional la estableció como un servicio público esencial por medio de las leyes (Leyes 142y 143 de 1994).

D. Smart Grid o Red Inteligente

En la actualidad no existe una descripción que integre totalmente la definición de Red Inteligente (RI): el vertiginoso incremento de la tecnología conlleva a la aparición de novedosas aplicaciones y funciones que hacen que este criterio se encuentre en constante evolución.

(Véase la Figura 2).

Figura 2. Smart Grid o Red Inteligente



Fuente: Autor

Según Smart Grid Colombia Perspectiva 2030 (2016), los planteamientos de Electric Power Research Institute (EPRI) y el Smart Grid European, las distintas instituciones de alusión para el área eléctrica proponen definiciones en las que resaltan de manera general, la colaboración de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) como el medio integrador de todos los dominios del sistema eléctrico y el catalizador de las ventajas que estas tecnologías representan para el sistema, en lo referente con mejoras en la confiabilidad, calidad y eficiencia del servicio.

E. AMI Infraestructura de Medición Avanzada

Las aplicaciones de las redes inteligentes (RI) requieren datos acerca del estado de la red, los clientes y los generadores.

El sistema de medición en conjunto con una arquitectura de telecomunicaciones correcta, otorga a la RI, los datos básicos para la toma de decisiones y los medios adecuados para el envío y recepción de directivas y consignas. La AMI incluye recursos de medida que informan del estado de la red, (en subestación,

centro de transformación o de reparto, transformadores, entre otros), como a los contadores inteligentes (CI) instalados a nivel de cliente.

Este último elemento, el CI aporta nuevas funcionalidades que favorecen la comunicación desde el operador de red hasta el comprador, pasando por los agentes intermedios necesarios:

Tabla 3. Agentes intermediarios

Comercializadoras.
Organizaciones de servicios energéticos.
Gestores de recarga del Voltaje Eléctrico.

Fuente Autor.

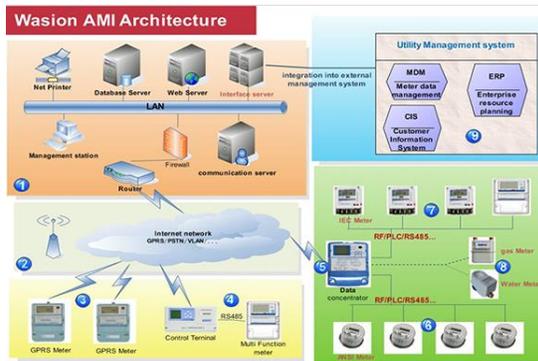
Esto posibilita la colaboración activa del cliente en el mercado eléctrico, según Smart Grids Colombia Perspectiva 2030 (2016); las funcionalidades consideradas para esta tecnología son las siguientes:

Tabla 4. Funcionalidades AMI

Lectura y Operación Remota.
Limitación de Potencia de manera Remota.
Detección de Manipulación de los contadores y aviso a la Compañía.
Información al usuario.
Tarificación horaria.
Medida de Generación Distribuida.
Administración Activa de Cargas.

Fuente Autor.

Figura 3. AMI Infraestructura de Medición Avanzada



Fuente: <http://wasion-meter.com/profile/ami-solution/174102/0/>

VII. METODOLOGÍA

En la ejecución del presente trabajo, se estableció una metodología de desarrollo que implica el alcance de los objetivos propuestos fundamentados en un marco teórico, analizando la información obtenida por medio de actividades propuestas en las siguientes etapas.

Etapas 1. Realizar el análisis técnico de factibilidad para la implementación de la tecnología (AMI), definiendo los elementos para su aplicación en la ciudad de Cúcuta empresa CENS EPM.

Para obtener este objetivo se proponen las siguientes actividades:

- Resumir las normativas y regulaciones vigentes con respecto a la implementación de la tecnología AMI en Colombia.
- Definir los elementos para la aplicación de la tecnología AMI en la ciudad de Cúcuta.

Etapas 2. Determinar el aporte al desarrollo Sostenible en Colombia con la implementación de la tecnología (AMI) en la ciudad de Cúcuta.

Para obtener este objetivo se proponen las siguientes actividades:

- Estudiar la infraestructura AMI y

determinar cómo mejoran los estándares de calidad del servicio debido a la información que se maneja en forma bidireccional entre usuarios y la empresa CENS.

- Visualizar cuales serían a mediano y largo plazo los nuevos esquemas de medición y facturación del consumo energético por parte de los usuarios.

Etapas 3. Realizar un informe técnico considerando las diferentes teorías administrativas para la implementación del proyecto AMI en CENS EPM Norte de Santander.

Para obtener este objetivo se proponen las siguientes actividades:

- Estudiar las diferentes teorías administrativas que se relacionan directamente con el proyecto de implementación AMI.
- Realizar el informe técnico teniendo en cuenta todo el proceso tecnológico y administrativo para la implementación de la tecnología AMI en la ciudad de Cúcuta empresa CENS.

VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

Etapas 1. Realizar el Análisis técnico de factibilidad para la implementación de la tecnología (AMI), definiendo los elementos para su aplicación en la ciudad de Cúcuta empresa CENS EPM.

Normas y regulación del servicio eléctrico domiciliario.

A nivel mundial lo mismo que a nivel país, el sector energético se ha constituido en un renglón importante al contribuir directamente con el crecimiento de la economía, el desarrollo de la industria, la mejora de la calidad de vida y los índices de competitividad.

De esta forma la energía eléctrica juega un papel importante dentro del quehacer diario de los hogares y se convierte en un recurso vital para el funcionamiento de la mayor parte de los electrodomésticos y la realización de tareas cotidianas

En Colombia, se han planteado reformas que están plasmadas en la Constitución Política de Colombia (1991). En el artículo 365 establece que: “Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional” (p. 204).

Se debe resaltar que la reforma permite que el servicio sea prestado directamente por cada municipio siempre y cuando cumpla con los estándares de calidad, cobertura y características técnicas. Dentro de las disposiciones que maneja el Congreso de la República de Colombia, está determinar el régimen jurídico de los servicios públicos y también las entidades competentes para fijar las tarifas, de aquí que se expedieron dos leyes fundamentales que cimentaron la reforma del sector eléctrico colombiano que son la Ley 142 de 1994 o Ley de servicios públicos domiciliarios y la Ley 143 de 1994 o Ley eléctrica; estas leyes se constituyeron en la columna vertebral al establecer el régimen de los servicios públicos domiciliarios; en cada uno de sus capítulos se fijan las relaciones entre prestadores y usuarios, deberes y derechos y se fijan las condiciones mínimas y herramientas requeridas para la prestación del servicio y son de estricto cumplimiento para las empresas que se dedican a ofertar el servicio.

Con estas leyes se fundamenta la reforma eléctrica y se establecieron los pilares para organizar la industria y regularizar los diferentes componentes dentro del mercado. Las condiciones para el control de funcionamiento de los medidores de energía eléctrica, deben estar regulados por los siguientes acuerdos:

El Congreso de la República de Colombia expidió las Leyes:

- Ley 142 de (1994). Esta ley permite por medio de un contrato establecido que la compañía comercializadora y el cliente, puedan comprobar el estado de los equipos de medida.
- Ley 142 de (1994), en el artículo 144 establece: El cliente no tendrá la responsabilidad u obligación de verificar el buen funcionamiento de los equipos de medida, pero tiene la responsabilidad de reponerlos o repararlos con la supervisión de la empresa cuando se determine su mal funcionamiento.

Figura 4. Estructura jerárquica de normatividad y regulación en Colombia



Fuente: Autor

La figura 4, refleja una estructura jerárquica de la normatividad y regulación en Colombia partiendo de la Constitución Política como ley superior y reflejando la importancia de las Leyes 142 y 143 de 1994 para el sector energético. Posteriormente, vienen los decretos y resoluciones expedidos anualmente por las entidades competentes, (Ver figura 4).

Normativas y regulaciones para la implementación de la tecnología AMI en Colombia.

Tabla 5. Norma Técnica colombiana NTC 6079 de 2014

NORMA	OBJETIVO	ALCANCE	REFERENCIAS
Norma Técnica colombiana NTC 6079 de 2014.	Esta norma ha sido elaborada con el fin de establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas AMI para su operación y gestión.	Aplica para equipos y sistemas que conforman la medida de energía eléctrica de corriente alterna. Sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) que incluyen entre otras funcionalidades. AMR (Lectura Automática de Medidores), gestión de alarmas y gestión de conexión y desconexión del servicio en forma remota.	NTC 2147:2003, Equipos de medición de energía eléctrica (C.A). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (Clases 0,2 S y 0,5 S) (IEC 62053-22). NTC 5019:2007, Selección de equipos de medición de energía eléctrica. NTC 5226:2003, Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo (IEC 62052-11).

Fuente: Autor. Documento Norma

En la tabla 5 se presenta la norma técnica colombiana NTC 6079 de 2014, expresando su objetivo y estableciendo los requisitos que se deben cumplir para el sistema AMI e indicando como debe ser su gestión y operación. Muestra el alcance de la norma para los sistemas AMI y AMR, esta norma está basada en una serie de normas de referencias resumidas en la última columna, estas normas son indispensables para la aplicación de la norma NTC 6079. (Ver documento completo Anexo A).

Requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) en redes de distribución de energía eléctrica. Norma NTC 6079 2014.

Tabla 6. Requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI). Norma NTC 6079 2014

NORMA	APLICACIÓN	GESTIÓN	MEDIDA
Norma Técnica colombiana NTC 6079 de 2014.	Aplica para los equipos y sistemas que conforman la medida de energía eléctrica de corriente alterna para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) que incluyen entre otras funcionalidades AMR (Lectura Automática de Medidores).	Alarmas. Conexión y desconexión del servicio en forma remota. Aplica a unidades de medida para usos interiores o exteriores. configuración individual concentrada con medidores monocuerpo o bicuerpo. Asimismo, para medidores monofásicos. Bifásicos y trifásicos.	aplica para medida directa, Semidirecta e indirecta.

Fuente: Autor. Documento Norma.

En la tabla 6 se expresa la aplicación de la norma para sistemas y equipos de medida en corriente alterna instalados en un sistema AMI y AMR; su gestión se aplica cuando se usan equipos para interiores o exteriores y para los diferentes tipos de medidores con su aplicación en el tipo de medida ya sea directa o indirecta. (Ver documento completo Anexo A).

Resolución 101 001 de enero 18 del 2022

Esta resolución emanada el 18 del mes de enero 2022, está soportada en todas las anteriores y es prácticamente la que define y establece las condiciones para la formulación de cualquier proyecto de aplicación de AMI en SIN (Sistema de Interconexión Nacional).

Define los criterios generales, derechos y deberes de los usuarios, responsabilidades del OR, responsabilidades del ente comercializador y responsabilidades del GIDI.

(Ver documento completo Anexo B).

Elementos para la aplicación de la tecnología AMI en la ciudad de Cúcuta.

Cuando se habla de elementos para la aplicación de AMI se hace referencia a la arquitectura que va a soportar el proyecto; se tiene que definir el modelo de gestión y despliegue de la información por parte del OR, teniendo en cuenta el soporte de las telecomunicaciones y los equipos de

adquisición de datos, en este caso los medidores inteligentes si se habla solo de comercialización, aplicando la normativa regulatoria de la Resolución 101 001 del 2022.

El proyecto se puede soportar desde el punto de vista eléctrico, en el concepto de Smart Grid, el cual se apoya en tres tecnologías fundamentales las cuales definen su arquitectura básica, AMI, DER (Recursos Energéticos Distribuidos), ADA (Automatización de Distribución Avanzada).

AMI: Está definida como un sistema de medidores inteligentes que permiten la medición de consumo en forma remota y puede caracterizar los hábitos del consumidor, los cuales se pueden orientar para lograr un consumo eficiente.

DER: Por la cercanía de los puntos de generación a los usuarios, este tipo de generación eléctrica reduce en un alto porcentaje las pérdidas derivadas del transporte, subtransmisión y distribución; en esta aplicación sí se cuenta con fuentes de energía renovables que requieren gestión para su almacenamiento; se puede equilibrar el sistema interconectado de forma eficiente.

ADA: Este sistema es aplicable utilizando las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en toda la infraestructura eléctrica, iniciando por el sistema de generación, transmisión y distribución.

Con el análisis anterior de las tres tecnologías, se recomienda solamente la implementación de AMI para el plan piloto iniciando por la comercialización, debido a que la empresa CENS EPM no tiene generación y la idea principal es iniciar con piloto en el sistema de distribución.

Componentes de la infraestructura para la aplicación de AMI.

El sistema AMI se conforma por hardware y software de adquisición de datos o medida y

comunicación bidireccional entre el medidor y CENS y por software de gestión de la información o la data.

Selección del Smart Meters (Medidor inteligente): Es la interface entre el usuario y el sistema de gestión de CENS. Como funciones principales tiene:

- Medición
- Registro
- Comunicación
- Conexión y desconexión remota.

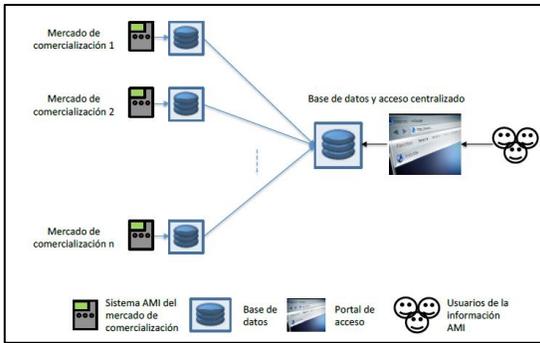
De acuerdo a su hoja de vida se debe tener en cuenta:

- Características ambientales
- Características eléctricas
- Características de almacenamiento y comunicación
- Características técnicas: pantalla de lectura.

Selección Concentrador de datos: Se le conoce también como Gateway y es el elemento intermedio entre el medidor y el centro de gestión; tiene como función almacenar los datos de todos los contadores conectados al transformador, sincroniza los contadores durante la comunicación, detecta conexiones nuevas de contadores a la red, también monitorea el transformador y almacena datos de importancia con relación a la medida.

Selección Red de telecomunicaciones: El sistema se debe basar en una red de telecomunicaciones que garantice el correcto funcionamiento y conexión de los equipos de medida y el concentrador. Esta red de telecomunicaciones debe permitir la escalabilidad de la red eléctrica tradicional hacia la red eléctrica inteligente, soportando todas las aplicaciones de gestión tanto del usuario como de CENS.

Figura 5. Modelo de gestión centralizado



Fuente: Universidad UTP, 2019.

Etapa 2. Determinar el aporte al desarrollo Sostenible en Colombia con la implementación de la tecnología (AMI) en la ciudad de Cúcuta.

En el plan de desarrollo nacional y departamental se encuentran los ODS que son los objetivos de desarrollo sostenible; este proyecto le apunta al objetivo 7 de los ODS que trata específicamente de la energía asequible y no contaminante. En el plan nacional el gobierno proyecta para el año 2022 aumentar la capacidad de energía instalada de 16.420Mw a 19.159 Mw, aumentando la generación con energías limpias; así mismo el plan departamental de Norte de Santander en concordancia con el ODS nacional en el objetivo 7 plantea:

- Objetivo 7.1 para el año 2030 garantizar que el servicio energético sea asequible, fiable y moderno.
- Objetivo 7.2 aumentar el porcentaje global de energía renovable.
- Objetivo 7.3 duplicar y mejorar la eficiencia energética.
- Objetivo 7.A invertir y en el acceso a la investigación de energías limpias.
- Objetivo 7.B ampliar y mejorar los servicios energéticos. Estas metas del objetivo 7 son también nacionales luego cobra importancia la implementación de AMI en la ciudad de Cúcuta como plan piloto para el departamento.

De esta forma el proyecto hace un aporte al cumplimiento de las metas del objetivo 7 del ODS nacional y departamental, lo anterior con referencia al aspecto ambiental; en el aspecto económico, se obtienen beneficios tributarios para la compañía con la implementación del proyecto AMI en la ciudad.

El Estado a través de la cartera de minas y la Ley 1715 del 2014 otorgan beneficios a las empresas prestadoras del servicio de distribución de energía de eléctrica.

En conclusión, el aporte del proyecto para cumplir el objetivo 7 del ODS es muy importante y se ve reflejado en el cumplimiento de éste a nivel nacional, porque estos objetivos también están fundamentados en el Plan de Desarrollo Departamental. De acuerdo a esto, todos los aportes y proyectos que pueda desarrollar CENS EPM serán fundamentales para aportar al objetivo 7 del ODS.

Esquemas de medición y facturación del consumo energético por parte de los usuarios.

De acuerdo al modelo presentado en la figura 5, el OR siguiendo la regulación de la CREG debe instalar los medidores al usuario final, pero la información la gestiona de forma centralizada, por medio de un gestor privado independiente, lo que significa que el reporte de la información o facturación está a cargo de este gestor independiente, haciendo el proceso más neutral frente al usuario final.

En conclusión, CENS como OR está responsabilizado de leer el medidor y entregar la información al gestor independiente.

Etapa 3. Realizar un informe técnico considerando las diferentes teorías administrativas para la implementación del proyecto AMI en CENS EPM Norte de Santander.

Análisis del planteamiento administrativo

Las teorías administrativas que se usaron para el análisis del proyecto de implementación AMI, fueron:

Desarrollista: Es una propuesta por Raúl Prebichsh en 1949, el cual tiene una visión totalmente economicista para instituir lo que es el crecimiento económico, siendo este el medio para facilitar el desarrollo de los seres humanos, que empleando una política adecuada y la aplicación de tecnologías de punta se puede lograr que la protección del medio ambiente no tenga sobrecostos logrando que la acción de protección esté siempre como argumento para potenciar cualquier tipo de proyecto.

Ecoinnovación: A nivel mundial muchos organismos manejan este entorno buscando una mejora en sus economías con sistemas productivos mucho más verdes pensando en lo ecológico. Ante esto, nace lo que se llama Ecoinnovación, convirtiéndose en una herramienta que aporta al cambio y protección ambiental.

Figura 6. Relación entre Ecoinnovación y AMI



Fuente: Autor

Innovación disruptiva: Término que aparece en los medios científicos por medio del libro the innovators, donde se muestra como un producto que sale al mercado como una tecnología residual, puede llegar a convertirse en un servicio que lidera un sector de la economía.

Figura 7. Relación innovación disruptiva y AMI



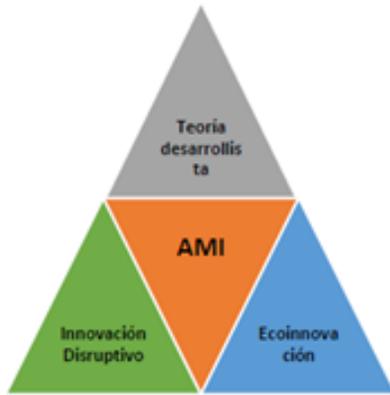
Fuente: Autor

El propósito de este análisis es mirar la factibilidad de la implementación de la infraestructura de medición avanzada AMI, por la empresa CENS EPM en la ciudad de Cúcuta, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, ambientales y económicos.

En la figura 8 se plantea una combinación triangular de las tres teorías nombradas en torno a AMI que evidencia el enfoque teórico práctico del estudio con pensamiento administrativo para realizar un aporte al desarrollo del proyecto de implementación de la tecnología AMI en la empresa CENS.

(Véase la Figura 8).

Figura 8. Planteamiento administrativo de AMI



Fuente: Autor

A continuación se realiza un análisis triangular como herramienta estratégica, que disminuye el riesgo de llegar al sesgo de la información y aumentar la validación de los procesos analizados para la implementación del proyecto AMI, esto permite dar diferentes enfoques, obteniendo unos resultados más confiables.

Para realizar el análisis triangular aplicado en la implementación de AMI en la ciudad de Cúcuta, se toma en una primera fase las teorías, una segunda fase lo contextual y la tercera fase el esquema de prestación del servicio.

En la primera fase se realiza la identificación de las teorías desarrollistas, ecoinnovación e innovación disruptiva.

En la segunda fase se toma el contexto internacional, nacional y local.

En la tercera se toma el gobierno nacional y local, las empresas y finalmente los usuarios como actores principales en el proceso.

Figura 9. Análisis triangular



Fuente: Autor

En las siguientes tablas derivadas del gráfico se presentan los elementos analizados por cada uno de los entes que conforman la tecnología AMI:

- Teorías
- Usuario
- Mercado.

Tabla 7. Esquema del usuario

GOBIERNO	EMPRESA	USUARIO
Estructura normativa	Proceso de implementación tecnología AMI.	
Sistema AMI.	Modificación y adaptación de contratos.	Relación costo vs. Beneficio.
Facturas - Tarifas	Desarrollo planes de capacitación.	Proceso de sensibilización
Calidad.	Evaluación económica.	Manejo de datos.
Cobertura.	Determinación del mercado. objetivo.	Ser prosumidor.
Conectividad.	Implementar infraestructura	Control de consumo.
	Determinación de recursos.	

Fuente: Autor

Tabla 8. Adecuación teórica a la tecnología AMI

Desarrollista	Ecoinnovación	Innovación disruptiva
Procesos competitivos. Aumento de recursos. Generación de empleo. Desarrollo sostenible.	Reducción de recursos Implementación tecnológica. Economía competitiva Concientiza en hábitos de consumo.	Pilares tecnológicos. La tecnología interactúa con el usuario. Productos sostenibles Reconversión de productos Eficiencia en la implementación de recursos.

Fuente: Autor

Tabla 9. Contexto del mercado AMI

Internacional	Nacional	Local
Experiencias a nivel mundial. Alcance de proyectos Esquemas de implementación. Resultados obtenidos. Cobertura.	Proyectos piloto. Iniciativas empresariales. Tecnologías utilizadas. Cobertura. Mesas de trabajo inter-gremiales.	Proyectos piloto. Implementación piloto. Tecnologías utilizadas. Cobertura. Experiencias.

Fuente: Autor

Procesos para la implementación de AMI.

Los primeros procesos para la implementación de AMI, se concentran en el análisis y conocimiento de la normatividad emitida por el gobierno a través de la CREG y resoluciones generadas para su regulación:

- Normas para la prestación del servicio eléctrico público.
- Normas para la implementación de AMI en Colombia.
- Normas expedidas por la CREG.

Aunque en el país la tecnología AMI es nueva, ya el marco regulatorio está listo; a continuación se presenta un resumen donde definen los elementos básicos para su

implementación en cuanto a normatividad se refiere como:

- Roles y responsabilidad a nivel nacional
- Estructura de implementación
- Tiempo de implementación
- Condiciones técnicas en cuanto a Ciberseguridad e interoperabilidad.

Tabla 10. Resumen de las leyes y normatividad aplicada a AMI

LEY	Ley 1715 de 2014	Resolución 40072 DE 2018	Resolución 40483 de 2019	Resolución 40459 de 2019	Resolución 101 001 de 2022
NORMA	Marco normativo y regulatorio que propenda por el desarrollo económico sostenible.	Por la cual se establecen mecanismos para la implementación de Infraestructur	Por la cual se modifican aspectos de la Resolución 40072	Por la cual se modifican aspectos de la Resolución 40072 y la Resolución 40483	Soportada en todas las anteriores y define y establece las condiciones para la implementación de AMI en el SIN

Fuente: Autor

En la figura 10 se puede observar el gráfico con la propuesta del cronograma de ejecución del plan piloto hasta el 2030. (Ver Anexo C).

Figura 10. Cronograma de ejecución proyecto



Fuente: Autor

Actividades para la ejecución:

La empresa debe definir un equipo interdisciplinario que lidere el proyecto y los procesos necesarios para su planeación, ejecución, evaluación y verificación. Las evaluaciones deben ser en forma periódica para realimentar la información, detectando posibles fallas y así poder implementar correcciones y mejora.

Evaluar financieramente los costos asociados al proyecto, estableciendo las fuentes de financiamiento.

Gestionar campañas de publicidad e informes a los usuarios.

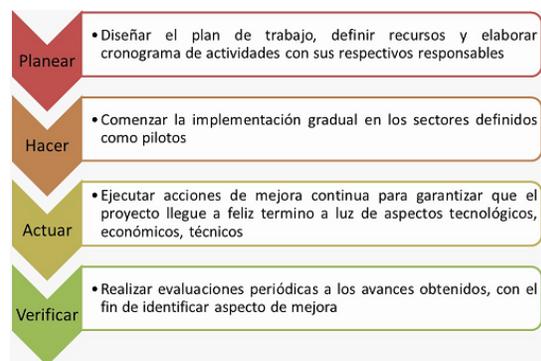
Capacitación a las personas directamente implicadas, lo mismo que a los usuarios.

Reuniones públicas informativas.

Habilitar líneas de contacto telefónico y Web.

En la figura 11 se expresa un ciclo HPVA como herramienta para el seguimiento del proyecto a nivel general.

Figura 11. Ciclo HPVA para seguimiento del proyecto



Fuente: Autor

IX. CONCLUSIONES

Realizado el análisis documental, se hizo un análisis de datos teniendo en cuenta las experiencias a nivel internacional, nacional y local, concluyendo que el mejor modelo es el adoptado por Francia y a nivel nacional el modelo 3 para infraestructura AMI de acuerdo a las directrices de la CREG.

El proyecto de implementación AMI logra un gran impacto en el desarrollo sostenible, influyendo directamente en el cumplimiento del objetivo 7 de los ODS tanto a nivel local como

Nacional.

De acuerdo al análisis técnico de las diferentes teorías aplicadas para analizar la propuesta administrativa relacionadas con el proyecto AMI se puede decir que es viable y factible su implementación, en cuanto a los aspectos económicos, tecnológicos y ambientales.

X. RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta la siguiente recomendación de acuerdo con los lineamientos de la CREG: establecer la tarificación en horarios pico, una buena conectividad y un amplio esquema de renumeración económica durante la implementación.

La empresa CENS EPM debe realizar una profunda evaluación en los aspectos técnicos, comerciales y financieros para determinar las zonas que inician como proyecto piloto y así poder garantizar la continuidad y finalización del mismo.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión de regulación de energía y Gas CREG (2018). Resolución 030 del 2018.

Comisión de regulación de energía y Gas CREG (2022). Resolución 101 001 Enero 18 del 2022.

<https://www.minenergia.gov.co/infraestructura-de-medicion-avanzada>.

<https://www.cens.com.co/>

Ministerio de Minas y Energía. (2018). Mecanismos para implementar la Infraestructura de medición avanzada en el servicio público de energía eléctrica.

Norma de conexión de autogeneradores y generadores distribuidos a los sistemas de distribución de energía eléctrica del grupo

EPM-CENS. (RA9-001-Conexión-AG-GD-al-SDE-Grupo-EPM).

Smart Grids Colombia Visión 2030. (2016). Parte I Antecedentes y marco conceptual del análisis, y recomendaciones para la implementación de redes inteligentes en Colombia.

Téllez, S. M., Rosero, J. y Céspedes, R. (2018). Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades. Revista de Ingeniería y Desarrollo Universidad del Norte.

XII. TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Servicios públicos	5
Figura 2. Smart Grid o Red Inteligente	6
Figura 3. AMI Infraestructura de Medición Avanzada	7
Figura 4. Estructura jerárquica de normatividad y regulación en Colombia	8
Figura 5. Modelo de gestión centralizado	11
Figura 6. Relación entre Ecoinnovación y AMI	12
Figura 7. Relación Innovación disruptiva y AMI	12
Figura 8. Planteamiento administrativo de AMI	13
Figura 9. Análisis triangular	13
Figura 10. Cronograma de ejecución proyecto	14
Figura 11. Ciclo HPVA para seguimiento del proyecto	15

ANEXOS

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
6079**

2014-10-27

**REQUISITOS PARA SISTEMAS DE
INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA
(AMI) EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELECTRICA**



E: REQUIREMENTS FOR ADVANCED METERING
INFRASTRUCTURE (AMI) SYSTEMS IN ELECTRICITY
DISTRIBUTION NETWORKS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: Infraestructura de Medición
Avanzada; AMI; medidor de energía;
medición de electricidad; intercambio
de datos; lectura automática de
medidores; AMR.

I.C.S.: 17.220.20

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Editada 2014-11-06

Anexo B. CREG 101 001

República de Colombia



Ministerio de Minas y Energía

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

RESOLUCIÓN No. 101 001 DE 2022

(18 ENE. 2022)

Por la cual se establecen las condiciones para la implementación de la infraestructura de medición avanzada en el SIN

LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

En ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, en especial las conferidas por las Leyes 142 y 143 de 1994, y en desarrollo de los Decretos 1524 y 2253 de 1994, y 1260 de 2013, y en cumplimiento de las resoluciones 4 0072 del 29 de enero de 2018, 4 0483 del 30 de mayo de 2019 y 40142 del 21 de mayo de 2020 del Ministerio de Minas y Energía, y de la Ley 2099 de 2021.

CONSIDERANDO QUE:

El artículo 365 de la Constitución Política de Colombia señala que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado, y es su deber asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

De conformidad con lo previsto en los artículos 1º, 2º y 4º de la Ley 142 de 1994, la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias constituyen servicios públicos esenciales, y el Estado intervendrá en los mismos a fin de, entre otros, garantizar la calidad del bien y su disposición final, para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios, así como su prestación continua, ininterrumpida y eficiente.

Le corresponde a la CREG, según el artículo 68 de la Ley 142 de 1994, señalar las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios, en los términos de la Constitución Nacional y la Ley, y definir el régimen tarifario con fundamento en los criterios establecidos, para garantizar el cumplimiento de los fines de la intervención del Estado en la prestación de los servicios públicos, y conforme a la política pública del Gobierno Nacional.

La Ley 142 de 1994, en sus artículos 9, numerales 1º y 2º, 135, 144 y 146, establece una serie de disposiciones asociadas con la medición, el equipo de medida y el consumo dentro de la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica en el marco de la relación usuario - empresa, incluyendo una serie de derechos y deberes en cabeza de los usuarios y/o suscriptores, así como de las empresas en esta materia.

dm

3

Anexo C. Cronograma de Ejecución

