

Smart Grids Colombia VISIÓN 2030



Parte IV

Anexo 7. Iniciativas de redes inteligentes en Colombia

Abril de 2016

Equipo de Trabajo

Editores:

Grupo Técnico Proyecto BID integrado por Representantes de:

Banco Interamericano de Desarrollo (Cooperación Técnica)

José Ramón Gómez Guerrero
Jorge Luis Rodríguez Sanabria
Juan Eduardo Afanador Restrepo

Ministerio de Minas y Energía

Marie Paz Rodríguez Mier
Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales

Carlos Arturo Rodríguez Castrillón
Profesional Especializado
Oficina Dirección de Energía

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Liliana Jaimes Carrillo
Despacho Viceministerio TI

Unidad de Planeación Minero-Energética

Camilo Táutiva Mancera
Asesor de Energía

Iniciativa Colombia Inteligente

Alberto Olarte Aguirre
Secretario Técnico C N O – Presidente Colombia Inteligente

Renato Humberto Céspedes Gandarillas
Coordinador Técnico

Firmas Consultoras

CIRCE

Andrés Llombart Estopiñán
María Paz Comech Moreno
Adrián Alonso Hérranz
Samuel Borroy
Vicente Gorka Goicoechea Bañuelos
Carlos Pueyo Rufas

Universidad de Alcalá de Henares

Carlos Girón Casares
Francisco Javier Rodríguez Sánchez

Universidad Tecnológica de Pereira

Alejandro Garcés Ruiz
Juan José Mora Flórez

CREARA CONSULTORES, S.L.

María Jesús Báez Morandi
José Ignacio Briano Zerbino

Afi – Analistas Financieros Internacionales

Pablo I. Hernández González
Diego Vizcaíno Delgado

Bogotá D.C., Abril de 2016

NOTA ACLARATORIA - *DISCLAIMER*

1. Los planteamientos y propuestas presentados en este documento son los resultados del análisis y elaboración del Estudio desarrollado por el Equipo de Trabajo en el marco de la Cooperación Técnica ATN-KK-14254-CO (CO-T1337) con el aporte de fondos provenientes del Fondo Coreano para Tecnología e Innovación a través del Banco Interamericano de Desarrollo –BID–. Estos planteamientos y propuestas no representan ni comprometen la posición y planteamientos de las entidades oficiales del Gobierno Colombiano participantes.
2. Los análisis realizados en el desarrollo de la Cooperación Técnica consideraron la información disponible hasta el mes de diciembre del año 2015, fecha en la cual finalizó de manera oficial el trabajo realizado durante esta cooperación.

Tabla de contenido

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Iniciativas de redes inteligentes en Colombia..... | 1 |
| 1.1 | Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) | 2 |
| 1.2 | Automatización de la red (ADA) | 6 |
| 1.3 | Gestión de activos y gestión de Cargas | 7 |
| 1.4 | Movilidad Eléctrica | 10 |
| 1.5 | Integración de generación distribuida y sistemas de almacenamiento (DER)..... | 11 |
| 2. | Análisis particular de algunas de las iniciativas referentes a RI en Colombia | 12 |
| 2.1 | Proyecto Piloto de Medición Inteligente Multiservicio (EPM-UNE)..... | 12 |
| 2.2 | Proyecto Arquitectura de Red Yumbo..... | 12 |
| 2.3 | Proyecto Implementación del Centro de Gestión de la Medida – Fase 0 | 13 |
| 2.4 | Proyecto Transporte Eléctrico - Viabilidad de Tecnologías Innovadoras para la Operación, Modernización y Crecimiento de las Red Eléctrica de EPSA E.S.P. | 13 |
| 2.5 | Automatización de la operación de redes de distribución subterráneas | 14 |
| 2.6 | Proyecto Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) sobre plataforma TWACS | 14 |
| 2.7 | Aplicaciones TICs de telemedición en Electricaribe | 15 |
| 2.8 | Conclusiones | 16 |

Índice de figuras

| | | |
|-----------|--|---|
| Figura 1. | Proyectos de Redes Inteligentes en Colombia..... | 1 |
|-----------|--|---|

Índice de Tablas

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1. | Proyectos pilotos referentes a AMI desarrollados en Colombia | 2 |
| Tabla 2. | Proyectos pilotos referentes a ADA desarrollados en Colombia | 6 |
| Tabla 3. | Proyectos piloto referentes a la gestión de activos y de cargas desarrollados en Colombia | 7 |
| Tabla 4. | Proyectos piloto referentes a la movilidad eléctrica | 10 |
| Tabla 5. | Proyectos piloto referentes a la generación distribuida y sistemas de almacenamiento | 11 |

ANEXO 7

1. Iniciativas de redes inteligentes¹ en Colombia

A continuación se analizan con detalle algunos de los proyectos de RI en Colombia, a los cuales se tuvo acceso por la colaboración directa de las empresas involucradas. Se incluyen proyectos en planificación, desarrollo y producción.

Figura 1. Proyectos de Redes Inteligentes en Colombia

¹ Los términos Redes Inteligentes y Smart Grid, sus respectivas siglas RI - SG y Hoja de Ruta y Mapa de Ruta son utilizados indistintamente en estos documentos.



| Tecnología | Simbología | Departamento |
|--------------|------------|-----------------|
| AMI | ★ | Antioquia |
| | | Atlántico |
| | | Bolívar |
| | | Cundinamarca |
| | | Valle del Cauca |
| ADA | ★ | Caldas |
| | | Valle del Cauca |
| DER | ★ | Valle del Cauca |
| VE | ★ | Valle del Cauca |
| RED FLEXIBLE | ★ | Antioquia |
| | | Cundinamarca |

Fuente: Informe 4 propuesta de hoja de ruta (Información aportada por Colombia Inteligente)

1.1 Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)

Tabla 1. Proyectos pilotos referentes a AMI desarrollados en Colombia

| Proyectos Piloto referentes a AMI | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|---|--------------|------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| Piloto Smart Metering | BOGOTA D.C. | CODENSA S.A. ESP | <p>Evaluación del Smart Metering masificado como una infraestructura tecnológica que puede aportar en el desarrollo de Colombia y en los objetivos estratégicos de CODENSA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar un piloto de medidores inteligentes con el objetivo de demostrar los beneficios de la infraestructura de medición avanzada (AMI) • Normalizar los sistemas de medida centralizada existentes en la compañía • Disminuir las pérdidas de energía por el hurto • Aumenta la calidad del servicio de energía eléctrica • Disminuir los costos de operación en las actividades de suspensión, inspección y reconexión. | Factibilidad | AMI |
| TECNIFICACIÓN DE LA MEDIDA | ATLANTICO | Electricaribe | <p>Detección de manipulación de medidores en grandes consumidores de energía, a través del reporte de alarmas generadas por sensores e información que entregan los medidores.</p> | En operación | AMI |
| Intelligent Supervision and Advanced Control (iSAAC) Fase III | Antioquia | XM | <p>El Proyecto Sistema Inteligente de Supervisión y Control Avanzado de tiempo real (iSAAC por su nombre en inglés: Intelligent Supervision and Advanced Control System) tiene como objetivo diseñar la arquitectura, el ecosistema funcional y un prototipo para los futuros sistemas de supervisión y control en tiempo real, proponiendo una visión hacia una evolución radical de los sistemas SCADA/EMS. Esta visión está soportada en la premisa que la tecnología de supervisión evolucionará en 5 grandes temas, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ Integración completa de la Medición Fasorial en las herramientas de supervisión. ~ Desarrollo de funcionalidad de supervisión y control (EMS) distribuida en las subestaciones. ~ Infraestructura de Comunicaciones con paradigma de Nube / Bus de Datos (Redes IP y SOA) ~ Desarrollo de paradigmas de Protección Colaborativa ~ Paradigmas de Conciencia Situacional Avanzada para Operadores | En operación | AMI/ADA |
| Proyecto Piloto de Medición Inteligente Multiservicio | Antioquia | EPM | <p>Proyecto piloto de Smart Metering en electricidad, aguas y gas natural, para aproximadamente 1.000 clientes, con el objetivo de asimilar la tecnología y medir impactos en calidad del servicio, identificación de pérdidas y costos comerciales, entre otros.</p> | Otro | AMI |
| Estudio del Protocolo IPv6 en el Modelo de Datos del Dominio de Distribución de la Smart Grid | Valle | Universidad del Valle | <p>En este trabajo se evalúa el desempeño de IPv6 en el dominio de distribución de la RI. Esta evaluación incluye una medición y análisis de los retardos, volúmenes de tráfico, anchos de banda, condiciones de seguridad y tiempos de asignación de direcciones con relación a diferentes condiciones de congestión en la red y número de usuarios activos. Se concibió un plan avanzado para superar las fuertes limitaciones que impone trabajar con simulación en este contexto.</p> | Finalizado | AMI |
| Interconexión en los segmentos de acceso y backbone de la red de | Antioquia | INTERNEXA S.A | <ul style="list-style-type: none"> ~ Definir una metodología de selección del esquema de interconexión de acceso más apropiado, que satisfaga los requerimientos de conectividad de una zona geográfica o escenario determinado. ~ Analizar el impacto del tráfico de dispositivos de RI sobre el backbone de la red de telecomunicaciones de | Factibilidad | AMI |

| Proyectos Piloto referentes a AMI | | | | | |
|---|---|---|--|--------------|------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| telecomunicaciones de la Smart Grid. | | | Internexa. ~ Plantear un modelo de negocio y sugerir al marco regulatorio el esquema de interconexión de los segmentos de acceso y backbone de la red de telecomunicaciones de RI. | | |
| Proyecto Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) sobre plataforma TWACS | Valle | ACLARA PLS | Implementar soluciones que permitan atender la problemática de pérdidas no técnicas y el problema de bajo recaudo, en condiciones accesibles para los usuarios del sistema | En operación | AMI |
| Proyecto Piloto: Gestión de 1 MW de Demanda en Sitio | Cali | Innovari | El proyecto pretende deslastrar 1 MWp de demanda dentro del SDL de EMCALI, de manera automática. | Factibilidad | AMI |
| Interoperabilidad de medidores con DLMS COSEM y protocolo PLC PRIME | Atlántico - Bolívar - Magdalena | Electricaribe | Tener diferentes proveedores de medidores administrados por un mismo sistema de medida. La problemática actual es que cada proveedor tiene sus medidores y protocolos propios, con este proyecto se espera que se puedan leer medidores de diferentes proveedores. | Evaluación | AMI |
| Perfil Colombiano 61850 | Perfil Colombiano 61850 | CODENSA Universidad Nacional Sede Medellín Lab | Con este proyecto se pretende desarrollar un perfil Colombiano IEC 61850, que permita unificar el proceso de configuración de los equipos en todas las empresas del sector eléctrico Colombiano. | Uso | AMI |
| Piloto Smart Meter con Protocolo DLMS Cosem PRIME | Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre | Electricaribe | Con este proyecto se busca evaluar el comportamiento de la red PLC-PRIME con protocolo de comunicación DLMS-COSEM, y lograr integrar en un mismo sistema de medida medidores de diferentes marcas; actualmente se tienen un nivel de pérdidas elevado, debido a la manipulación de los equipos actuales, con este sistema de medida se busca tener el control de la energía debido a las principales variables de energía con externas. | Factibilidad | AMI |
| Proyecto Implementación del Centro de Gestión de la Medida – Fase 0 | Valle del Cauca – Colombia | Empresa de Energía del Pacífico EPSA | Con frecuencia, las empresas de servicios públicos se basan en múltiples sistemas de adquisición y almacenamiento de datos que se mantienen en aislamiento, dificultando el proceso de integración, manipulación y mantenimiento de los múltiples sistemas. Los volúmenes de datos producidos por un sistema de infraestructura de medición inteligente, por ejemplo AMI, son fundamentales para establecer nuevas estrategias comerciales y ofrecer a los clientes nuevos servicios que se ajusten a sus necesidades, lo que requiere que el sistema de medición funcionen estrechamente en coordinación con el CIS (Sistema de Información Comercial), por lo tanto la solución ideal es un sistema MDM donde se realicen procesos consistentes y seguros. Por lo tanto, EPSA realizará estudio para la implementación de MDM's como parte de su centro de gestión de la medida para control de flujos de energía con el fin de realizar la tele-gestión y gestión inteligente de la información de tal forma que sirva para la toma de decisiones que apoyen a la reducción de las pérdidas, gestión de la demanda y apalanquen los estudios de eficiencia energética. | Otro | AMI |

| Proyectos Piloto referentes a AMI | | | | | |
|--|------------------------|--|--|--------------|------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| Desarrollo de un sistema electrónico inteligente de medición y administración de energía eléctrica a usuarios finales | Cundinamarca | Centro de Inv. y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica y TICs | El desarrollo de este proyecto busca repotenciar un producto que actualmente se encuentra dentro del portafolio de la empresa beneficiaria, por medio de la inclusión de tecnologías emergentes y la actualización de sus componentes de software, agregando mayores prestaciones y robustez respecto a la versión inicial. | Construcción | AMI |
| | | CIDEI | <p>Como resultado de la ejecución del proyecto se espera generar un sistema inteligente de medida, control y administración de energía en redes de distribución, que permitirá a la empresa beneficiaria, realizar de forma automática el balance de energía en transformadores de distribución, identificando y analizando las pérdidas no técnicas asociadas al hurto de energía, así como la acción automática de conexión o desconexión de circuitos, limitando o restringiendo el suministro de energía, en caso de conexiones fraudulentas, consumo superior al contratado o clientes con historiales de pago negativos.</p> <p>Para la generación de los resultados, se propone el desarrollo de un prototipo de dispositivo concentrador, un prototipo de dispositivo de medida (Smart meter) y el software de administración de energía, conformando un sistema que cumpla con las características requeridas por la empresa beneficiaria.</p> <p>El proyecto contempla la ejecución de un piloto, en el cual se realizará la instalación de dos dispositivos de medida y un concentrador en una de las redes de los clientes de la empresa beneficiaria, el cual durará entre 7 días y un mes, obteniendo las medidas de consumo de los usuarios para ser posteriormente analizadas por medio del software de gestión.</p> | | |
| Arquitectura de software para gestión y medición del consumo de energía | Valle | OnGreen Colombia | La complejidad en el diseño de software que apoye a la gestión de energía hace que exista la necesidad de crear arquitecturas de software que permitan tener en cuenta diversos aspectos. Por un lado aspectos técnicos tales como los de comunicación, sensores, sistemas inteligentes, y seguridad informática, y por otros aspectos de modelos, estándares y metodologías de gestión tales como el modelo MGIE y la norma ISO50001. Adicionalmente este tipo arquitecturas deberán contemplar aspectos de escalabilidad, modularidad, facilidad de mantenimiento y adaptación a tecnologías emergentes de telecomunicación e interfaces de usuario. La arquitectura que se va a diseñar en el presente proyecto servirá de base para el desarrollo tecnológico de una iniciativa empresarial StarUP en el CIEE (Centro institucional de Emprendimiento Empresarial) de la UAO (Universidad Autónoma de Occidente) llamada SAUER, en la cual se busca brindar Soluciones de Ahorro y Uso Eficiente de Recursos de agua y energía a las empresas de la región empleando como base una plataforma de servicios informáticos en la nube que permite la gestión integral de recursos hídricos y energéticos y la detección de oportunidades de ahorro, recuperación, reciclaje y reúso de dichos recursos. | Diseño | AMI |

Fuente: Elaboración Propia – Grupo Consultor CIRCE

1.2 Automatización de la red (ADA)

Tabla 2. Proyectos pilotos referentes a ADA desarrollados en Colombia

| Proyectos piloto referente a ADA | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|---|--------------|------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| Automatización de la operación de redes de distribución subterráneas | Caldas | CHEC S.A | Actualmente la empresa está realizando un esfuerzo para lograr mayor efectividad operativa en la automatización de redes de distribución subterráneas. Debido a la complejidad y al gran número de nodos con derivaciones hacen que este trabajo tome gran importancia y relevancia para la operación del sistema eléctrico. Se instalaron diez equipos de tele-control asociados a las celdas de corte que permitió la supervisión y operación remota desde el centro de control. De esta manera se agilizan los tiempos de respuesta en interconexión de circuitos ante eventos presentados en el sistema. Este esquema montado en la ciudad de Manizales permite realizar de manera remota 29 interconexiones entre diferentes circuitos. | En operación | ADA |
| Intelligent Supervision and Advanced Control (ISAAC) Fase III | Antioquia | XM | <p>El Proyecto Sistema Inteligente de Supervisión y Control Avanzado de tiempo real (ISAAC por su nombre en inglés: Intelligent Supervision and Advanced Control System) tiene como objetivo diseñar la arquitectura, el ecosistema funcional y un prototipo para los futuros sistemas de supervisión y control en tiempo real, proponiendo una visión hacia una evolución radical de los sistemas SCADA/EMS. Esta visión está soportada en la premisa que la tecnología de supervisión evolucionará en 5 grandes temas, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> Integración completa de la Medición Fasorial en las herramientas de supervisión. Desarrollo de funcionalidad de supervisión y control (EMS) distribuida en las subestaciones. Infraestructura de Comunicaciones con paradigma de Nube / Bus de Datos (Redes IP y SOA) Desarrollo de paradigmas de Protección Colaborativa Paradigmas de Conciencia Situacional Avanzada para Operadores | En operación | AMI/ADA |

Fuente: CIRCE

1.3 Gestión de activos y gestión de Cargas

Tabla 3. Proyectos piloto referentes a la gestión de activos y de cargas desarrollados en Colombia

| Proyectos piloto referente a gestión de activos y gestión de cargas | | | | | |
|--|------------------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| Desarrollo de capacidades al producto SMARTIN, utilizando analítica avanzada y autoaprendizaje, SMARTIN (sistema de información para gestión de pérdidas no técnicas) | Antioquia | Universidad de Medellín | La integración de las TICs con las redes eléctricas propende a dotar de inteligencia a estas infraestructuras, de modo que la red se vuelva inteligente (RI). Dicha inteligencia permitirá no solo innovar en servicios, sino también mitigar problemas que actualmente presentan las redes eléctricas. Uno de los problemas más significativos en el sector eléctrico, tanto en Colombia, como en otros países, es las pérdidas no técnicas de energía. MVM y la UdeM desarrollaron SMARTIN, software que permite gestionar la medición desde contadores inteligentes; sin embargo actualmente el producto no tiene la capacidad de identificar las pérdidas no técnicas. Así se propone ampliar las capacidades del producto utilizando algoritmos avanzados (sistemas expertos, redes neuronales, autopercepción) y análisis estadístico de datos (minería de datos), para poder hacer el producto más acorde a las problemáticas del sector y contribuir a la reducción de las pérdidas no técnicas. El proyecto consiste en una solución de RI para gestionar las pérdidas no técnicas de energía. Esta solución beneficia a las empresas del sector eléctrico en Colombia y Latinoamérica y es un producto altamente especializado y extensivo en conocimiento que hace uso de algoritmos avanzados para mitigar el problema mencionado. | Construcción | Gestión de activos |
| Proyecto adecuación funcional del sistema de control SVC tunal 230 kV | Bogotá D.C. | Empresa de Energía de Bogotá | Desarrollar y apropiar el conocimiento necesario para mejorar y/o adecuar el sistema de control del SVC, de manera que éste sea capaz de contribuir eficazmente al amortiguamiento de oscilaciones del sistema que se presenten, especialmente ante eventos en el Área Oriental. | Diseño | Gestión de activos |
| Proyecto adecuación funcional del sistema de control SVC tunal 230 kV | Cundinamarca | Empresa de Energía de Bogotá | Sistemas de control que integren el funcionamiento de los equipos FACTS - (SVC Tunal 230 kV) con las PMU (Phasor Measurement Units) oscilaciones del sistema que se presenten especialmente ante eventos en el Área Oriental. | Factibilidad | Gestión de activos |
| Proyecto Arquitectura de Red | Yumbo | Empresa de Energía del Pacífico | <p>Establece reglas y criterios para la ordenación y desarrollo de la red de MT, basada en criterios técnico-económicos y adaptada a las particularidades del mercado. Con el proyecto de Arquitectura de red se quiere rediseñar la red del Sistema Eléctrico de distribución, desarrollando una estructura sistemática y fiable de acuerdo a las características y necesidades del propio sistema; con este desarrollo se pretende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la calidad del servicio y atención al cliente. • Homogeneizar la estructura de la red. • Unificar criterios sobre tipo y situación de los elementos de protección. • Simplificar el Mantenimiento y la operación de la Red. • Facilitar la labor de Estudios y Planificación. | Otro | Gestión de activos |

Proyectos piloto referente a gestión de activos y gestión de cargas

| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
|--|------------------------|------------------------------|--|--------------|--------------------|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Definir una normativa de operación. Reducir los costos de operación. Incrementar la seguridad | | |
| Aplicación de Redes Inteligentes - Proyecto SDPL (Sistemas Dinámicos de Parametrización de Líneas) | Cundinamarca | Empresa de Energía de Bogotá | <p>Mediante los sensores de temperatura teledinámicos de los SDPL es posible hacer un mayor y mejor uso de la capacidad de las líneas y modificar los flujos de potencia entre diferentes circuitos</p> | Factibilidad | Gestión de activos |
| Estrategias basadas en Inteligencia Computacional para la Gestión de la Potencia Eléctrica en Ambientes de Microgrids | Valle del Cauca | Universidad del Valle | <p>El objetivo principal de este proyecto es proponer técnicas innovadoras basadas en inteligencia computacional para incrementar la calidad y eficiencia energética de la gestión de la potencia eléctrica en microgrids, utilizando modelos que contemplen las realidades y el potencial de desarrollo eléctrico de nuestro país.</p> <p>El proyecto busca entregar a la comunidad científica, académica y al sector eléctrico nacional, un conjunto de estrategias novedosas de optimización para resolver el problema de evaluar de forma automática y en tiempo real, el estado óptimo de la operación de la microgrid en lo relacionado a la gestión de su potencia eléctrica, con lo cual se logre incrementar la productividad, la calidad del servicio y la sostenibilidad.</p> <p>Los resultados esperados del proyecto están relacionados con:</p> <ul style="list-style-type: none"> Generar conocimiento científico para soportar el desarrollo de nuevas tecnologías de la información y la comunicación aplicadas al sector eléctrico nacional, con miras a la explotación comercial de las estrategias propuestas. Incentivar el uso de fuentes alternativas de energía en el ámbito nacional orientada a una disminución en los costos de operación y a una eventual factibilidad técnica y económica para su aplicación. Desarrollar técnicas de gestión para distribución y uso de fuentes alternativas para mejorar las condiciones de las poblaciones aisladas del sistema eléctrico nacional. | Construcción | Gestión de cargas |

Proyectos piloto referente a gestión de activos y gestión de cargas

| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapa | Tecnología |
|---|------------------------|--|--|------------|-------------------|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y fortalecer las capacidades de investigación para aportar nuevo conocimiento de cara a la adopción de un modelo colombiano de generación, transmisión y distribución eléctrica más eficiente. • Ayudar a formar al menos un estudiante de doctorado, uno de maestría y dos de ingeniería. • Publicar al menos cuatro artículos en revistas nacionales e internacionales. • Presentar al menos dos ponencias en congresos nacionales e internacionales. | | |
| <p>Proyecto Implementación de micro turbinas de río – Fase 0</p> | Cauca – Colombia | Empresa de Energía del Pacífico – EPSA | <p>El mercado de pequeñas centrales o micro centrales de generación de energía eléctrica en el mundo están teniendo un incremento bastante significativo. Esto se debe a varios factores como el aumento en el precio de los combustibles fósiles, además de las iniciativas mundiales por cuidar el medio ambiente que buscan reducir las emisiones de CO₂, estimulando con esto la investigación para encontrar nuevas maneras de generar a pequeña escala sin combustibles fósiles y de hacer cada vez más eficiente el proceso de conversión de energía. Esto explica el incremento en el interés que hay por las pequeñas centrales hidroeléctricas conocidas como PCH.</p> <p>Por lo tanto, EPSA implementará un piloto en la central hidroeléctrica de Salvajina, consistente en la instalación de una microturbina de río de marca Smart Hydro Power de 5 kW, evaluando por medio de un protocolo de pruebas su desempeño, resistencia y entrega de energía a redes auxiliares o a una pequeña red de distribución no interconectada al STN.</p> <p>Inicialmente el proyecto se está implementando en la salida del agua turbinada en una central hidroeléctrica de 280 MW, denominada Salvajina, con el fin de tener el conocimiento de las tecnologías de microturbinas y de sistemas fotovoltaicos bajo condiciones controladas.</p> | Evaluación | Gestión de cargas |

Fuente: CIRCE

1.4 Movilidad Eléctrica

Tabla 4. Proyectos piloto referentes a la movilidad eléctrica

| Proyectos referentes a VE | | | | | |
|--|----------------------------|--|---|------------|------------|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapas | Tecnología |
| Proyecto Transporte Eléctrico - Viabilidad de Tecnologías Innovadoras para la Operación, Modernización y Crecimiento de las Red Eléctrica de EPSA E.S.P | Valle del Cauca – Colombia | Empresa de Energía del Pacífico – EPSA | En la actualidad se requiere tener una visión general del estado tecnológico actual de los vehículos eléctricos, enfocado hacia las líneas de desarrollo y las aplicaciones a ejecutar por grandes entidades como gobierno, fabricantes de automóviles y empresas del sector eléctrico. Con el fin de lograr una penetración estable de los vehículos eléctricos en el mercado, se deben llevar a cabo estrategias de cooperación e implementaciones con objetivos bien definidos para motivar a los usuarios de las ventajas del uso de EV. | Finalizado | VE |
| | | | Debido al gran avance que vienen presentando en los últimos años los vehículos eléctricos y su penetración inicial en el mercado nacional, donde cada uno de ellos tiene tecnologías diferentes en su diseño, EPSA trabajara en un estudio sobre Viabilidad de Tecnologías Innovadoras para la Operación, Modernización y Crecimiento de las Red Eléctrica de EPSA E.S.P. Con esto se pretende conocer futuras necesidades y realizar pilotos que validen la información de rendimientos, comportamientos en el ámbito local y el impacto en la red, estaciones de carga, sistemas de almacenamiento y movilidad eléctrica. | | |

Fuente: CIRCE

1.5 Integración de generación distribuida y sistemas de almacenamiento (DER)

Tabla 5. Proyectos piloto referentes a la generación distribuida y sistemas de almacenamiento

| Proyectos piloto referente a DER | | | | | |
|---|---------------------------|--|--|--------------|---|
| Nombre del proyecto | Ubicación del proyecto | Empresa desarrolladora | Descripción general del proyecto | Etapa | Tecnología |
| Servicios de datacenter 7 cloud Smart grid | Antioquia | INTERNEXA | Brindar los servicios de almacenamiento, servidores para el almacenamiento y el procesamiento de señales. | Diseño | DER |
| Proyecto Eficiencia energética y energías renovables EPSA Yumbo | Valle de Cauca – Colombia | Empresa de Energía del Pacífico – EPSA | Este proyecto tiene como objetivo principal llevar a cabo una evaluación del impacto que tiene la implementación de la tecnología fotovoltaica en la red eléctrica regional y que permita conocer las condiciones bajo las cuales sería apropiada su aplicación en el sistema interconectado nacional; esto manejándolo bajo la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio EPSA yumbo en modalidad de piloto. | Otro | DER |
| Proyecto Piloto de Micro-Red Inteligente Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín) | Antioquia | Universidad Pontificia Bolivariana | <p>Se pretende implementar una micro-red inteligente para el estudio, investigación, apropiación tecnológica y desarrollo de prototipos con miras a ofrecer soluciones integradas tipo micro-red para grandes consumidores, zonas no interconectadas, etc. Para resolver la problemática identificada, se procederá en tres (3) fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fase I- Implementación de la infraestructura de la micro-red. <p>El principal objetivo de esta fase es implementar en un periodo de tres años la infraestructura completa de la micro-red: Sistemas de generación solar, aerogeneradores de entorno urbano, un esquema híbrido biodigestor-energía solar para ZNI, un sistema de almacenamiento de energía, estaciones de carga para vehículos eléctricos, un circuito de alumbrado público autosostenible, un piloto de hogar inteligente y una experiencia de gestión de la demanda. Todo monitoreado en tiempo real desde un centro de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> Fase II-Investigación, apropiación tecnológica e integración de prototipos. <p>En paralelo con la fase de implementación y posterior a esta, se llevarán a cabo múltiples investigaciones. Se efectuarán pruebas, se evaluará el desempeño de cada componente de la micro-red (por separado y en conjunto), se desarrollarán prototipos y se integrarán otros existentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Fase III- Desarrollo de soluciones a la medida y escalamiento de la micro-red. <p>La intención de esta última fase es ofrecer soluciones particulares que integren varios de los componentes de la micro-red a posibles clientes, según sus necesidades: el gobierno (a través de zonas no interconectadas, estaciones militares, de telecomunicaciones), complejos turísticos, empresas cogeneradoras o autogeneradoras del sector minero energético (petroleras, gasíferas, minas...), e incluso conglomerados humanos urbanos como centros comerciales, unidades residenciales, industrias, entre otros.</p> <p>Este proyecto se constituirá en una vitrina obligada para el país en general, por su carácter multidisciplinario y transversal. Se evidencia una total congruencia entre los objetivos del proyecto y los planes de ciencia, tecnología e innovación regionales y nacionales, especialmente en lo atinente a los focos de energía y TICs.</p> | Construcción | DER |
| Perfil modelo CIM para empresas del sector eléctrico Colombiano | Antioquia | EPM | El modelo CIM es un estándar descrito en UML que organiza toda la información que puede ser necesaria en la gestión de los sistemas de energía eléctrica. Su empleo simplificará el intercambio de información entre aplicaciones de distintos fabricantes. Actualmente las empresas del sector eléctrico están trabajando para implementar el modelo CIM en sus sistemas informáticos de forma independiente. Por medio de este proyecto se pretende generar un perfil del modelo CIM básico para el intercambio de información y proporcionar herramientas informáticas que ayuden a implementar dicho modelo. | Construcción | DER (el modelado de red, permite estudios de integración de renovables en la red) |

Fuente: CIRCE

2. Análisis particular de algunas de las iniciativas referentes a RI en Colombia

2.1 Proyecto Piloto de Medición Inteligente Multiservicio (EPM-UNE)

Canal y protocolo de comunicación

El canal de comunicaciones y los protocolos empleados para conectarse con los contadores inteligentes son los siguientes:

- Red de área local (LAN):
 - Para la capa de aplicación se utiliza DLMS/COSEM, ANSI C.12, DNP 3
 - Para la capa de transporte se tiene UDP, Capa Red: IPv6,
 - Capa Enlace: RF Mesh
- Red de área amplia (WAN):
 - Celular GPRS, 3G (GSM) y Ethernet (sobre fibra).
- Opcionalmente, pueden utilizarse protocolos en la HAN para unos cuantos clientes:
 - Nivel de Aplicación: SEP
 - Nivel de Transporte: UDP
 - Nivel de Red: IPv6
 - Nivel de Enlace: 802.15.4 / ZigBee, 802.11 n/g"

Los concentradores de datos se ubican en los postes de EPM y en lugares propios para un buen alcance de transmisión y recepción.

Análisis

Este proyecto debería reflejar en gran medida el estado de las comunicaciones y las expectativas que se tienen en la actualidad en Colombia, dado que EPM es una empresa de prestación de servicios públicos, con filial UNE en el área de telecomunicaciones.

2.2 Proyecto Arquitectura de Red Yumbo

Infraestructura de comunicaciones empleada para desplegar el proyecto:

La infraestructura de la red de comunicaciones está compuesta por enlaces de radio tipo Trunking Motorola en la banda de 800 MHz, red móvil celular GPRS (General Packet Radio Service) y en algunas zonas especiales de difícil cobertura, microondas por banda no licenciada de 5,8 Ghz.

Medios para el registro de eventos:

Todos los eventos registrados en la red necesarios para la supervisión, control y medida que permitan mantener los niveles de servicio son registrados localmente en memoria no volátil por los equipos reconectores (Reclosers) y son enviados al centro de control por las respectivas Unidades Terminales Remotas mediante protocolos de comunicaciones de tiempo real IEC---104 y en el centro de control se registrar en SOE (Secuence Operation Event).

Otras características del proyecto:

La Smartgrid contará con: Interoperabilidad, utilización de esquemas de comunicación, Automatización avanzada y Manejo de la demanda.

La clasificación de capas "Smart Grid" es la siguiente: Comunicaciones – Capa 3; AMI – Capa 2; Sistema – Capa 4; Análisis – Capa 6; Inteligencia – Capa 7

Análisis:

Este proyecto está asociado al mejoramiento del sistema de distribución de media tensión, para adaptarlo a las necesidades de la nueva demanda y estandarizar su operación y mantenimiento.

2.3 Proyecto Implementación del Centro de Gestión de la Medida – Fase 0

Descripción

La Empresa de Energía del Pacífico – EPSA localizada en el departamento del Valle del Cauca – Colombia, desarrolla este proyecto con el fin de integrar los sistemas de adquisición y almacenamiento de datos, para así facilitar el proceso de integración, manipulación y mantenimiento de los múltiples sistemas.

Características de los equipos de medida y de la red

EPSA no propone realizar modificaciones con software a los equipos de medida. Se utilizarán equipos de medida estándar (DLMS/COSEM). El sistema colector y concentrador de datos (MDM---MDC) tiene como propósito integrar las señales de los equipos telegestionados, que en algunos casos ya traen reglas de negocios de medición inteligente para mercados objetivos.

Clasificación de capas "Smart Grid" propuestas para esta proyecto son: Comunicaciones – Capa 3; AMI – Capa 2; Sistema – Capa 4; Análisis – Capa 6; Inteligencia – Capa 7

Análisis

Este proyecto pretende desarrollar un sistema de tratamiento de información enfocado al conjunto de datos de referencia o maestros, que estandariza y unifica, para así garantizar la correcta integración al sistema de medición de EPSA.

2.4 Proyecto Transporte Eléctrico - Viabilidad de Tecnologías Innovadoras para la Operación, Modernización y Crecimiento de las Red Eléctrica de EPSA E.S.P.

Esquema de comunicación con los vehículos o contadores

Para acceder a la información del vehículo se usa una computadora personal (PC) que está conectada por medio de un enlace con la unidad de MUTIII y que actúa como terminal de control del sistema, y comunica con un vehículo el ECU con el VCI, lo cual permite tomar variables eléctricas, térmicas y mecánicas del desempeño del vehículo y de facturación prepago.

Estos vehículos están en proceso de integración a un MDM de la compañía.

Estandarización de los protocolos

Actualmente no se tiene una estandarización de protocolos en las estaciones de carga rápida. Sin embargo, se encontró que en el mercado existen dos estándares dominantes como el protocolo CHADEMO y el COMBO, pero muchos de los fabricantes tienen un protocolo propio como son BYD, Renault, entre otras.

Finalmente, Colombia está estudiando y definiendo los estándares para carga rápida y carga lenta. Para carga rápida predomina el CHADEMO y COMBO, mientras que para el proceso de carga lenta los tipo 1/USA como SAE j1772 / IEC62196-2.

Análisis

Este proyecto ya tiene resultados de las pruebas realizadas en más de 800 recorridos, por lo cual se infiere que las estructuras de comunicación implementadas ya tienen pruebas de funcionamiento.

2.5 Automatización de la operación de redes de distribución subterráneas

Descripción

La empresa operadora de red CHEC, filial de EPM desarrolla un proyecto para lograr una mayor efectividad operativa en la automatización de redes de distribución subterráneas, que considera la complejidad y al gran número de nodos con derivaciones. En este proyecto, se instalaron diez equipos de tele-control asociados a las celdas de corte que permite la supervisión y operación remota desde el centro de control, para agilizar los tiempos de respuesta en la interconexión de circuitos ante eventos inesperados en el sistema. Este esquema implementado en la ciudad de Manizales, permite realizar 29 interconexiones entre diferentes circuitos de manera remota.

Canales de comunicación utilizados para tele-operar las celdas de corte

Este proyecto utiliza el MICROSCADA de ABB desarrollado por la filial de ABB Finlandia. El protocolo utilizado primordialmente es el SPA pero el sistema soporta también protocolos IEC60870---5---10X según el tipo de terminal remota. Los canales de comunicaciones son punto a punto que utilizan infraestructura de fibra óptica o medios de comunicación por radio frecuencia con velocidades de 9.6 bps aproximadamente.

Análisis

Este proyecto está en operación y sirve para brindar un mejor servicio a los usuarios de la red en la ciudad de Manizales. Seguramente tienen mucha experiencia sobre problemas de comunicaciones presentados durante el tiempo de operación.

2.6 Proyecto Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) sobre plataforma TWACS

Descripción

Este proyecto realizado por la empresa EMCALI está orientado a implementar nuevas tecnologías que permitan solucionar los problemas comerciales (recaudo) y los problemas técnicos (reducción de pérdidas de energía), con criterios de eficiencia en recursos, bajos costos de sostenimiento en el mediano y largo plazo y rentabilidad para el negocio de comercialización y distribución de energía.

Estructura de comunicaciones

EMCALI seleccionó la tecnología PLC denominada TWACS (Two---Way Automated Communications System), de la firma ACLARA Power Line Systems Inc., que provee una comunicación bi-direccional sobre las

líneas de energía para recolectar, comunicar, analizar, y manejar información sobre el consumo de electricidad, agua y gas y controlar algunos dispositivos.

El sistema TWACS está compuesto por: el sistema de información y la plataforma informática, que debe interactuar con los sistemas de información corporativos (sistema de información comercial, sistema de información técnico, sistema SCADA, sistema de información geográfica) (TWACS NG Server Hardware/Software), que comprende el Servidor, el equipo de comunicación con la red WAN y los equipos de Comunicaciones en Subestación (SCE), que a su vez tiene los siguientes componentes:

- Unidad de Control de Recepción (Control Receiving Unit,(CRU)
- Transformador de Modulación (Modulation Transformes Unit – MTU)
- Unidad de Modulación de Salida (Outbound Modulation Unit - OMU)
- Unidad de Captura de Entrada (Inbound Pickup Unit-IPU)

Los equipos de comunicación remota (RCE), que comprenden todos los dispositivos que pueden comunicarse e interactuar a través del sistema TWACS, que comprende:

- Medidores Residenciales y Comerciales
- Dispositivo de Control de Energía
- Desconectivo Remoto
- Medidores en Poste (Pole Mounted)

Análisis

Este proyecto está en operación en la ciudad de Cali y se desarrolló en colaboración con la Agencia de los Estados Unidos para el Comercio y el Desarrollo (USTDA). La operación de este sistema ha resultado en restricciones significativas a la hora de leer remotamente los contadores en modo bajo demanda. Funciona razonablemente bien cuando la realización de las medidas ha sido previamente planificada.

En la actualidad EmCali dispone de un sistema alternativo, en avanzado estado de desarrollo, basado en contadores multiprotocolo, capaces de proporcionar mayor ancho de banda de comunicaciones y permitir lecturas bajo demanda. Adicionalmente, Emcali ha realizado otros proyectos de RIs, como un proyecto piloto de respuesta de la demanda que actualmente se encuentra operativo en uno de los centros comerciales de Cali.

2.7 Aplicaciones TICs de telemedición en Electricaribe

Electricaribe es la empresa que presta el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en la Costa Caribe colombiana. Atiende los departamentos de Atlántico, Bolívar, Guajira, Magdalena, Sucre, Córdoba y César. Cuenta con 2.300.000 clientes. El centro de control se encuentra en Barranquilla y cada zona tiene una gerencia que se encarga de la gestión operativa regional.

Los proyectos que tienen actualmente y en los cuales involucran TICs, están asociados con el tema de pérdidas no técnicas y el recaudo. En estos proyectos utilizan herramientas para la comunicación como GPRS, 3G, redes de radiofrecuencia y conexiones satelitales, para un grupo de usuarios importantes localizados al sur del departamento de Bolívar. Los tres proyectos en mención son los siguientes:

- Caso 1: Telemedida de 12 clientes que representan el 0.5 del consumo. Esta telemedida adicionalmente a las medidas de potencia, incluye alarmas de apertura de las cajas donde se encuentran los equipos de medida, entre otros. Para este caso se utiliza Modem, conexión GPRS y 3G. En este caso, 15 clientes utilizan comunicación satelital suministrada por Iridium.

- Caso 2: Telemedida de inicialmente 3 clientes urbanos, que a final de año se espera que sean 10 clientes, de consumo superior a 3 kW/h/mes. El equipamiento utiliza redes de RF, conexiones de medidores con cable 485 y PLC. Caja maestra primaria y GPRS para conexión con el centro de gestión. La aplicación adicionalmente a medición y alarmas del caso 1, también tiene la posibilidad de corte y reconexión.
- Caso 3: Medición centralizada de 70 clientes de bajo consumo en el cual se realiza balance energético con macro-medidores y con los equipos de los clientes de estratos medio y bajo. En este caso existe una red de radiofrecuencia para comunicación entre los medidores del cliente y el Gateway en la caja maestra. Luego, a partir de ahí se envían las señales de comunicación vía GPRS hasta el centro de control.

Finalmente, en las subestaciones existen alrededor de 2.3 puntos de medida, de los cuales se utiliza fibra óptica en alrededor de 300, 130 utilizan comunicación mediante 3G y los restantes utilizan comunicación mediante GPRS.

Entre los problemas más importantes encontrados en estas aplicaciones se encuentran los siguientes:

- Alta atenuación de las señales de comunicaciones de radio, en la transmisión de las redes de radiofrecuencia. Los radios reales de alcance son de aproximadamente 150 metros, lo cual hace que se requieran muchas antenas y gran esfuerzo de mantenimiento.
- Falta de cobertura de los operadores de telefonía celular, especialmente en la zona rural.
- Problemas en la continuidad del suministro de comunicación de datos. Los operadores de telecomunicaciones no informan sobre el cambio en las políticas de cubrimiento de zonas, ya que redirigen sus antenas a zonas de mayor tráfico, que normalmente no coincide con las aplicaciones de los operadores de la red eléctrica.
- Mantenimientos o re-direccionamiento de antenas y de comunicaciones no informados a los operadores de las redes eléctricas.
- Problemas en los equipos del operador de red (modem), los cuales se bloquean cuando no encuentran el servicio de comunicaciones.
- Tasas de transmisión de datos reales en redes de radio frecuencia de 30 kB por segundo.
- Daños y oxidación de los cables 485, debido a la alta contaminación salina.

Finalmente, el cliente en esta región ha convivido con la utilización fraudulenta del servicio de electricidad. Las pérdidas en esta región Colombiana, son de alrededor de 16,85%. De estas pérdidas, el 0.4 no son reconocidas por el regulador colombiano y equivalen a entre 70 y 75 millones de dólares americanos por año, para el 2014.

Como consecuencia de la instalación de los equipos, especialmente en el caso tres, se han presentado agresiones personales a los funcionarios de Electricaribe y protestas en vías públicas, ataque a subestaciones eléctricas y hasta quema de oficinas.

2.8 Conclusiones

De los proyectos anteriores se observa que las empresas del sector están apostando claramente por la implantación de aplicaciones de RIs que permiten mejorar la eficiencia, la calidad y la continuidad de suministro, así como permiten reducir las pérdidas no técnicas. Muchos de estas iniciativas están en fase de proyecto pilotos, pero muchas otras tienen un grado de desarrollo avanzado, permitiendo obtener resultados representativos de las ventajas asociadas a estas tecnologías.

Fundamentalmente dentro de estos últimos se encuentran las experiencias centradas en la implantación de contadores; muchas empresas están centrando esfuerzos en la instalación de contadores prepago o inteligentes, obteniendo una importante reducción de pérdidas y de impagos.

En otros ámbitos, como la gestión activa de la demanda, gestión de vehículo eléctrico, automatización y monitorización de la red de distribución, gestión de datos, integración de generación con FNCER, hay varios proyectos en una fase piloto que van a permitir identificar, evaluar y analizar las ventajas y barreras de cada una de las tecnologías.

En resumen, es clara la apuesta de los actores del sector eléctrico colombiano por el desarrollo e implantación de tecnologías que permiten dotar de inteligencia a la red de distribución.

En transmisión se dispone de mejores aplicaciones de RIs y, además, se están haciendo esfuerzos de estandarización y de interoperabilidad, definiendo perfiles colombinos dentro de algunos estándares, como CIM, 61850, etc.