

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS

COMITÉ DE SEGUIMIENTO DEL MERCADO MAYORISTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Informe No 72 – 2012

REFLEXIONES SOBRE LA IMPLEMENTACION DE REDES INTELIGENTES EN EL MEM

Preparado por:

**Argemiro Aguilar Díaz
Pablo Roda
Gabriel Sánchez Sierra**

Bogotá, Agosto 23 de 2012

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REFLEXIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES INTELIGENTES EN EL MEM.....	2
2.1	JUSTIFICACIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES.....	3
2.2	ESPACIO PARA LAS REDES INTELIGENTES EN COLOMBIA.....	4
2.2.1	<i>Generación</i>	5
2.2.2	<i>Transmisión</i>	6
2.2.3	<i>Distribución</i>	7
2.2.4	<i>Operación</i>	8
2.2.5	<i>Demanda</i>	9
2.2.6	<i>Mercado</i>	11
2.3	CONCLUSIONES.....	12

Resumen Ejecutivo

Este informe presenta una serie de reflexiones sobre la implementación de las Redes Inteligentes, partiendo de las tendencias de desarrollo de los mercados mayoristas de energía que requieren la adaptación a las Redes Inteligentes, caracterizadas por el incremento del uso de las comunicaciones y la tecnología de información, en la generación, distribución y el consumo de electricidad.

Plantea los aspectos más importantes que han inducido a nivel mundial el desarrollo de las Redes Inteligentes y analiza su aplicación al caso colombiano. En particular analiza la contribución a las emisiones de CO₂ en el contexto mundial, la no existencia de agotamiento de los recursos de generación y se cuestiona si Colombia debe tomar medidas similares a las implementadas por Europa y Estados Unidos, en un contexto totalmente diferente.

El CSMEM presenta una serie reflexiones dentro del marco que surge a partir de la adaptación a la Red Inteligente y la operación de una red eléctrica, que permita integrar todos los usuarios con el propósito de optimizar los recursos, fomentar las fuentes de generación de baja emisión de carbono, mejorar la confiabilidad y la eficiencia del sistema.

En generación, considera el espacio existente para el desarrollo de recursos eólicos y solares de las zonas no interconectadas; enfatiza el potencial hidroeléctrico existente que además se complementa con la generación térmica, sirve como almacenamiento de la generación con gas, viento, biomasa, etc. y facilita la integración económica de las fuentes estacionales e intermitentes. Solicita revisar la regulación para evitar la desoptimización de los potenciales de las cuencas hidrográficas y considera extender la vida útil de algunas plantas hidráulicas existentes usando tecnologías de punta. Además, menciona como el aumento de la capacidad de almacenamiento hidroeléctrico, surge como una alternativa para mitigar el impacto de los cambios climáticos en los caudales hidrológicos.

En transmisión, plantea la necesidad de extender su vida útil y la capacidad del sistema, mitigar las restricciones ambientales para la construcción de nuevas líneas con la optimización de los corredores ya existentes, mediante repotenciación de las líneas, la utilización de subestaciones digitales que permitan la automatización y la operación no atendida, para mejorar la seguridad y confiabilidad del sistema ante los continuos ataques contra la infraestructura eléctrica.

En distribución, para mejorar la eficiencia sugiere reducir las pérdidas eléctricas, el remplazo de sus elementos electromecánicos por sistemas digitales para una adecuada operación, reducir el consumo por iluminación actualizando los equipos y la implementación de medición centralizada con funciones de conexión/desconexión remota, los sistemas de prepago y mejora de la calidad de lectura de contadores.

Considera los medios masivos de transporte para las ciudades y los sistemas de trenes movidos con electricidad, como medio para reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia energética, así como para emplear tecnologías modernas de control y operación de las subestaciones eléctricas que los alimentan.

En la operación, considera la automatización de las subestaciones de distribución y de la red y la utilización de sensores, desconectores, detección automática de fallas y uso de limitadores de fallas, para lograr una mejor calidad del servicio, una mayor confiabilidad y eficiencia económica. También, cambiar la operación ciega de las redes, carente de información y análisis, mediante el uso de sistemas de manejo de distribución - DMS, para monitorear y controlar los voltajes en forma más exacta, la reconfiguración automática de los circuitos y la medición avanzada AMI.

La medición fasorial aplicada en la estimación de estado es muy importante, pero las mayores ventajas se obtienen en el monitoreo en tiempo real de las condiciones dinámicas del sistema de potencia; sin embargo, el software y las herramientas de análisis no han sido desarrollados. Para la restauración de los sistemas es imperativo tener un alto grado de coordinación y automatización, con métodos especiales de monitoreo y herramientas analíticas no existentes, así como ayudas de operador para convertir los procedimientos de restauración en acciones.

Los programas de respuesta de demanda basados en incentivos económicos y en tarifas asociadas a periodos de tiempo, son importantes para vencer algunos obstáculos existentes, tales como las tarifas de precios fijos y uniformes al consumidor y el exceso de capacidad de reserva requerida para los periodos secos (el Niño), permiten lograr un mercado eficiente con participación de la oferta y la demanda y contribuyen a disminuir el poder de mercado. No obstante, requieren de inversiones cuantiosas en infraestructura de medición avanzada – AMI y tienen otras barreras muy importantes para su implementación, como la actual estructura tarifaria que subsidia la mayoría de los consumidores residenciales y los bajos consumos de energía per cápita del país.

Finalmente presenta conclusiones relativas a las reflexiones efectuadas sobre la aplicabilidad de las Redes Inteligentes en las diferentes áreas del sistema. En especial, el CSMEM considera que en el desarrollo de las Redes Inteligentes en Colombia hace falta la visión de país, dentro de unas metas y objetivos de política energética a nivel nacional, que definan a mediano y largo plazo, cual ha de ser la matriz energética que más conviene y el grado de penetración de los recursos renovables frente a los recursos primarios disponibles para la generación de energía eléctrica.

1 Introducción

El presente informe contiene una serie de reflexiones sobre la implementación de las Redes Inteligentes en el Mercado de Energía Mayorista - MEM, partiendo de las tendencias de desarrollo de los mercados mayoristas de energía que requieren la adaptación a las Redes Inteligentes, caracterizadas por el incremento del uso de las comunicaciones y la tecnología de información, en la generación, distribución y el consumo de electricidad.

Plantea los aspectos más importantes que han inducido a nivel mundial el desarrollo de las Redes Inteligentes y se analiza su aplicación al caso colombiano. Posteriormente el CSMEM presenta una serie de ideas dentro del marco que surge a partir de la adaptación a la Red Inteligente y la operación de una red eléctrica, que permita integrar todos los usuarios con el propósito de optimizar los recursos, fomentar las fuentes de generación de baja emisión de carbono, mejorar la confiabilidad y la eficiencia del sistema.

Finalmente se presentan conclusiones relativas a las reflexiones efectuadas sobre la aplicabilidad de las Redes Inteligentes en las diferentes áreas del sistema: generación, transmisión, distribución, operación, demanda y mercado, así como también en su implementación a nivel de país.

En este informe no se incluye el análisis tradicional del desempeño del MEM, debido a la indisponibilidad que ha presentado el enlace de datos entre la SSPD y XM, que no permitió recolectar la información requerida para llevar a cabo tales análisis.

2 Reflexiones sobre la Implementación de Redes Inteligentes en el MEM

El desarrollo de los mercados mayoristas de energía busca la optimización económica y la competencia alrededor de la oferta y la demanda y se caracteriza por las siguientes tendencias¹:

- Necesidad de desarrollar y manejar nuevos productos como la respuesta de demanda - DR.
- Creciente complejidad en la interface del mercado y las reglas para evitar que ocurran “prácticas no competitivas”.
- El mercado de tiempo real y el manejo del Error de Control de Área – ACE.
- La penetración y acople en el mercado minorista – industrial, comercial y residencial, de la Generación Distribuida – DG y de los recursos de demanda inteligente.

Estas tendencias requieren la adaptación a las Redes Inteligentes, caracterizadas por el incremento del uso de las comunicaciones y la tecnología de información, en la generación, distribución y el consumo de electricidad, para integrar las acciones de todos los usuarios, con el fin de optimizar los recursos y mejorar la confiabilidad y eficiencia del sistema.

Las Redes Inteligentes remplazarán:

- los sistemas electromecánicos por sistemas digitales
- las comunicaciones unidireccionales por comunicaciones en los dos sentidos
- la operación ciega de las redes por el monitoreo y el uso amplio de sensores
- el control limitado de los flujos de potencia por sistemas de control automático de subestaciones, la distribución y los alimentadores
- la restauración manual por la protección adaptiva
- la utilización sub-óptima de los activos con la extensión de su vida y su capacidad, mediante monitoreo y límites dinámicos.
- los sistemas de información y aplicaciones aislados por sistemas integrados con interoperabilidad y automatismo coordinado a nivel empresarial.

¹ Jeff Bladen, Kema, “Intelligent Energy Markets – State of the Art”, Primer Seminario Internacional de Mercados Inteligentes, Bogotá, Junio 3-4 de 2012.

- la generación térmica a carbón por tecnologías de bajas emisiones.
- la toma de decisiones de emergencia vía telefónica por sistemas de soporte y confiabilidad predictiva.
- tarifas estáticas por tarifas dinámicas y respuesta de demanda.
- habrá muchas opciones para los usuarios con valores agregados de servicios y manejo automático de la demanda integrada.

2.1 Justificación de las Redes Inteligentes

Los aspectos más importantes que han inducido a nivel mundial el desarrollo de las Redes Inteligentes giran alrededor de la siguiente temática:

- Sostenibilidad ambiental orientada a la reducción de emisiones de CO₂ y las restricciones ambientales existentes que limitan la expansión de los sistemas de potencia.
- El agotamiento crítico de los recursos de generación en los países desarrollados.
- La necesidad de reducir el consumo de energía, mediante el mejoramiento de la eficiencia energética.
- La necesidad de reducir los costos operacionales de los sistemas, con base en procesos de eficiencia económica,
- El advenimiento de los vehículos eléctricos, la generación distribuida y el desarrollo de tecnologías para el almacenamiento de la energía eléctrica.

Estos aspectos si bien son válidos en países desarrollados, no necesariamente aplican a todos los países, ya que las características propias y el desarrollo energético, así como las condiciones de contaminación ambiental difieren sustancialmente. En particular en el caso colombiano:

- La contribución a las emisiones de CO₂ en el contexto mundial es muy bajo (0,02%), comparado con países como México (1.6%), Estados Unidos (18.1%) o China (23.3%), datos comparativos del 2008².
- En Colombia no se puede hablar de agotamiento de los recursos de generación, el país cuenta con un alto potencial hidroeléctrico para desarrollar, ingentes cantidades de carbón térmico de muy buena calidad para ser utilizadas en la

² Hugh Rutdnick, Luiz A.Barroso, Daniel Llaens, David Watts, Rafael Ferreira, "Flexible Connections", IEEE, Power and Energy, March/April 2012.

generación eléctrica empleando tecnologías limpias, reservas potenciales de gas convencional y no convencional.

- La generación hidroeléctrica en el sistema colombiano, tiene una participación del 65% en capacidad instalada y más del 75% en energía generada, esta situación que aún fue más dominante en el pasado, obedece al gran potencial hidroeléctrico existente en el país, además debido a que la hidroelectricidad es una opción renovable y es una de las tecnologías de generación más económicamente competitivas. En este sentido, no sería lógico que Colombia corra el riesgo de implementar políticas deseables, como el desarrollo de los recursos eólicos y solares, aumentando innecesariamente los costos de la electricidad y reduciendo la competitividad del país. Es cuestionable si Colombia debe tomar medidas similares a las implementadas por Europa y Estados Unidos, en un contexto totalmente diferente.
- Si bien en los países desarrollados reducir el consumo de energía es una necesidad, en el caso colombiano teniendo en cuenta los bajos niveles de consumo per cápita (Canadá 15.467, Estados Unidos 12.884, Japón 7.833, Alemania 6.781, Unión Europea 6.070, Chile 3.288, Venezuela 3.152, Argentina 2.744, Colombia 1.047, kWh/cápita)³, la prioridad no es reducir el consumo sino hacer un uso eficiente de la energía.
- Los vehículos eléctricos son muy atractivos debido a que permiten sustituir sustancialmente el consumo de hidrocarburos por energía eléctrica y reducir el índice de contaminación con emisiones de CO₂ en las principales ciudades de Colombia. Sin embargo, teniendo en cuenta los requerimientos de infraestructura en las redes de distribución, su empleo no es inmediato, pero el sector eléctrico debe prepararse para la utilización de esta tecnología.

2.2 Espacio para las Redes Inteligentes en Colombia

A continuación el CSMEM presenta una serie de ideas relacionadas con el desarrollo de Mercados Inteligentes en Colombia, dentro del marco que surge a partir de la adaptación a la Red Inteligente y la operación de una red eléctrica, tal que permita la integración de todos los usuarios con el propósito de optimizar los recursos, fomentar

³ International Energy Agency - IEA, Estadísticas del año 2009.

las fuentes de generación de baja emisión de carbono, mejorar la confiabilidad y la eficiencia del sistema.

2.2.1 Generación

- Existe un buen espacio para el desarrollo e implementación de recursos renovables y en particular para la generación eólica y solar, en las zonas no interconectadas del país - ZNI. Teniendo en cuenta que en las zonas no interconectadas, en general no existe disponibilidad de recursos convencionales (excepto en algunos casos las mini y micro centrales hidroeléctricas), ni la posibilidad técnico-económica de la interconexión con el sistema eléctrico nacional, las fuentes renovables son la alternativa para abastecer la demanda. Ahora bien, la contribución económica que provee el FAZNI, como también los ahorros que se lograrían por la sustitución de combustibles líquidos, le dan una viabilidad económica al desarrollo de los recursos renovables mencionados.
- No obstante la reducción del potencial hidroeléctrico del país por razones ambientales, que ha significado pasar de 93.000 MW a 32.300 MW, el potencial reducido aún es muy significativo y en la matriz energética de Colombia continuará teniendo predominancia, además debido a que la generación hidroeléctrica beneficia la producción de otras fuentes, a saber:
 - La sinergia entre los recursos hidroeléctricos y térmicos permite su operación en forma complementaria, ahorrando costos a los consumidores y mejorando la confiabilidad del suministro.
 - Los embalses de las plantas hidroeléctricas sirven como almacenamiento virtual para cualquier tipo de MWh (gas, viento, biomasa, etc.) dando una flexibilidad operativa que permite coordinar la operación de los recursos hidroeléctricos y los renovables.
 - La flexibilidad de la producción hidroeléctrica facilita la integración económica de las fuentes de producción estacionales (cogeneración con biomasa) e intermitentes (generación eólica y solar).
- El CSMEM considera conveniente revisar la regulación existente debido a que actualmente, el mercado incentiva la construcción de plantas menores de 20 MW y también la regulación ambiental incentiva la construcción de plantas menores de 100 MW, lo cual des-optimiza los potenciales de las cuencas hidrográficas. Esta situación significa la pérdida de capacidad hidroeléctrica que sería remplazada principalmente por generación termoeléctrica, lo cual conlleva mayores emisiones de CO₂ y afecta la eficiencia del sistema.

- Teniendo en cuenta las restricciones ambientales que limitan la expansión de la generación hidroeléctrica, se considera necesario extender la vida útil de las plantas hidráulicas existentes, ya que algunas plantas del parque generador actual tienen más de 30 años de operación.
- El desarrollo de la hidroelectricidad enfrenta una serie de dificultades y está contrapuesto a las recomendaciones ambientales y sociales, dado que los embalses inundan tierras, destruyen vegetación, desplazan gente y pueden afectar zonas arqueológicas. Aún las plantas filo de agua también presentan dificultades, dado que en muchos casos reducen los caudales de los ríos y afectan su ecología.
- Un tema de mucha importancia para la matriz energética futura de Colombia es el impacto de los cambios climáticos en los caudales hidrológicos. Estudios recientes realizados en Brasil⁴ han encontrado una reducción significativa de la energía firme y la energía promedio producida por las plantas hidroeléctricas de ciertas cuencas y en otras la producción promedio de energía aumenta pero disminuye la energía firme, como consecuencia de los cambios climáticos, lo que indica que además de los impactos en los caudales promedio, se presentan impactos significativos en la variabilidad de los caudales con los periodos de sequía pronunciados. Una alternativa para manejar la mayor variabilidad de los caudales podría obtenerse aumentando la capacidad de almacenamiento del sistema hidroeléctrico, lo cual es contradictorio con las recomendaciones ambientales enunciadas previamente.

2.2.2 Transmisión

- Una parte importante de los sistemas de transmisión nacional y regional, está llegando a su obsolescencia y requiere la extensión de su vida útil y su capacidad, lo cual puede obtenerse con la utilización de los sistemas de gestión de activos (asset management). Estos sistemas permiten la convergencia entre la información detallada del funcionamiento de los equipos y los conceptos modernos de mantenimiento de equipos.
- Las restricciones ambientales actuales para la construcción de nuevas líneas de transmisión, están ocasionando retrasos importantes en la expansión de la red

⁴ Bernardo Bezerra, Sebastian Mocarquer, Luiz Barroso, Hugh Rudnick, “Expansion pressure – Energy Challenges in Brazil and Chile”, IEEE Power and Energy, May/June 2012.

e incrementando los costos de la misma; una opción viable técnica y económica para mitigar esta situación es la optimización de los corredores ya existentes, mediante repotenciación de las líneas con aumento de los niveles de tensión, o con la utilización de sistemas de transmisión flexibles de corriente alterna - FACTS, basados en tecnologías de punta con electrónica de potencia, que proveen mayor control de los voltajes y de los flujos a través del sistema de potencia, permitiendo transmitir mayor potencia en las líneas existentes, sin aumentar el riesgo de falla.

- El grave problema de seguridad que tiene el sistema de transmisión debido a los continuos ataques contra la infraestructura eléctrica, también brinda oportunidades para la utilización de subestaciones digitales que permitan la automatización y la operación no atendida, mejorando la seguridad y confiabilidad del sistema.

2.2.3 Distribución

- Una medida muy importante del comportamiento de los sistemas de transmisión y distribución está dada por el porcentaje de pérdidas que ocurren en estos sistemas debido al calentamiento de las líneas y de otros componentes. Aunque en el sistema colombiano ha habido una reducción importante de las pérdidas eléctricas, aún existe un margen considerable para reducirlas, principalmente en los sistemas de distribución.
- Los sistemas de distribución por sus características propias, son los sistemas que han tenido la menor evolución tecnológica, comparativamente con los sistemas de transmisión y generación. Para su adecuada operación requieren el remplazo de sus elementos electromecánicos por sistemas digitales.
- Un aspecto de gran importancia en el desarrollo de las Redes Inteligentes está relacionado con la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir las pérdidas técnicas y comerciales. En muchos casos esto es más un reto de implementación que de tecnología, ya que por ejemplo, el consumo por iluminación que representa un porcentaje importante del consumo total de electricidad (del orden del 20%), podría reducirse en 50% actualizando los equipos de iluminación, usando para ello tecnologías existentes.
- Respecto a mejorar la eficiencia energética, existe un espacio muy importante por parte de los operadores de red para la implementación de medición

centralizada con funciones como la conexión/desconexión remota, los sistemas de prepago y mejora de la calidad de lectura de contadores. Obviamente la implementación de estas funciones requiere el desarrollo de soporte en las áreas de comunicaciones, tecnología de la información, medidores, integración con los sistemas comerciales y capacitación a los usuarios. A nivel nacional existen varias empresas que están trabajando en esta dirección.

- Similar a lo que ocurre en los sistemas de transmisión, buena parte de los sistemas de distribución están llegando a su obsolescencia y requieren la extensión de su vida útil y su capacidad; los sistemas de gestión de activos son una buena alternativa para lograr estos objetivos.
- Los medios masivos de transporte para las ciudades y los sistemas de trenes movidos con electricidad, reducen las emisiones de CO2 de los vehículos de transporte con gasolina y ACPM y presentan ventajas comparativas desde el punto de vista de la eficiencia energética. Así mismo ofrecen oportunidades para el empleo de tecnologías modernas de control y operación de las subestaciones eléctricas que los alimentan.
- Existen tecnologías disponibles para mejorar la confiabilidad y la eficiencia de los sistemas de distribución; la integración eficiente de los sistemas de generación distribuida, los vehículos eléctricos y la respuesta de la demanda requieren inversiones significativas en tecnología nuevas y emergentes, incluyendo el software de los sistemas de manejo de la distribución - DMS, los equipos capaces de monitorear y controlar los voltajes en forma más exacta, la reconfiguración automática de los circuitos de distribución y la medición avanzada AMI.

2.2.4 Operación

- La automatización de las subestaciones de distribución y de la red y la utilización de sensores, desconectores, detección automática de fallas y uso de limitadores de fallas, son elementos fundamentales para lograr una mejor calidad del servicio, una mayor confiabilidad y eficiencia económica.
- La mayoría de sistemas de distribución efectúan una operación ciega de sus redes, carente de información y análisis. En consecuencia se requiere la adecuación de dichos sistemas para efectuar el monitoreo adecuado, el control de voltaje, la reconfiguración automática de los circuitos y la medición

avanzada, mediante el uso amplio de sensores y sistemas de manejo de distribución. Dichos sistemas conocidos como DMS, requieren el desarrollo de interfaces con diferentes sistemas de información, incluyendo entre otros, los sistemas de información geográfica, corporativa, medición de energía, facturación, manejo de cuadrillas, etc. Se destaca como interfase prioritaria, el sistema GIS para el logro de una adecuada la supervisión y operación de la red.

- Las unidades de medida fasorial – PMUs son dispositivos que proveen flujos frecuentes de datos con estampa de tiempo, de las condiciones de los sistemas de transmisión. Sin duda las PMUs corresponden a uno de los desarrollos recientes más importantes para efectuar el monitoreo de los sistemas eléctricos. La medición fasorial aplicada en la estimación de estado es muy importante, pero las mayores ventajas se obtienen en el monitoreo en tiempo real de las condiciones dinámicas del sistema de potencia. Mientras que los equipos existen y están siendo instalados, el software y las herramientas de análisis requeridos para capitalizar completamente las inversiones, no han sido desarrollados e implementados. En este campo vale la pena destacar el proyecto que desarrolla XM orientado al control y la protección del sistema, para prevenir y mitigar la ocurrencia de eventos de gran magnitud.
- Dada la necesidad de monitorear y controlar los sistemas existentes bajo diversas condiciones espaciales y temporales, para su restauración después de la ocurrencia de una falla importante, es imperativo tener un alto grado de coordinación y automatización. Esto implica el desarrollo de métodos especiales de monitoreo y herramientas analíticas en línea no existentes, así como involucrar ayudas de operador para convertir los procedimientos de restauración en acciones.

2.2.5 Demanda

- La mayoría de los programas de respuesta de demanda existentes hoy en día, se enfocan en la respuesta a emergencias ocasionales (confiabilidad), en vez de la nivelación sistemática de la carga. Este es el caso en Colombia de la Demanda Desconectable Voluntariamente – DDV previsto en la Resolución 063 de 2010, que tiene por objeto facilitar el abastecimiento de la demanda en condiciones críticas y el cumplimiento de las Obligaciones de Energía Firme de los generadores - OEF.

- Teniendo en cuenta que bajo condiciones sin déficits de energía, sin problemas de confiabilidad y precios normales, los generadores no tienen incentivos económicos para promover la respuesta de la demanda, también se deberían explorar otras posibilidades de participación activa de la demanda en actividades que tiendan a utilizar los recursos del sistema en una forma más eficiente. Dichas posibilidades se concentran principalmente en programas de respuesta de la demanda basados en incentivos económicos y en tarifas asociadas a periodos de tiempo, los cuales son importantes para vencer algunos obstáculos existentes, tales como las tarifas de precios fijos y uniformes al consumidor y el exceso de capacidad de reserva requerida para los periodos secos (el Niño).
- Nuevas tecnologías como las de sistemas de medición avanzada, pueden recibir información de precio con base en el costo de tiempo real de suministrar electricidad y pueden transmitir información de su uso cada pocos minutos. Esto provee incentivos de tiempo real para reducir el pico del sistema, resultando en un uso más eficiente de los activos de la red y por tanto en tarifas menores. Muchos consumidores industriales y comerciales grandes de países desarrollados, hoy día operan bajo precios dinámicos. Estas opciones también estarán disponibles para los consumidores residenciales, lo cual requiere de inversiones cuantiosas en infraestructura de medición avanzada – AMI, para medir los consumos en intervalos cortos de tiempo. En este sentido existen en el mundo muchos programas piloto de precios dinámicos, pocos han sido estructurados para producir datos confiables y los resultados han sido altamente variables.
- El proyecto de implementación de un sistema de medición avanzado AMI y de Redes Inteligentes, diseñado por Dayton Power and Light Company – DP&L (Ohio)⁵, para 523.000 usuarios, es un ejemplo de la dificultad y gran esfuerzo que requiere este tipo de proyectos en cuanto a implementación de medidores, comunicaciones, sistemas de tecnología de información y dispositivos de despliegue en las casas. El análisis de factibilidad arrojó como resultado la necesidad de invertir US\$255 millones en un periodo de 7 años, además de un costo de operación y mantenimiento de US\$63 millones en el mismo periodo. Frente a esta cuantiosa inversión, los beneficios esperados en 7 años solamente alcanzaban los US\$51 millones, significando esto una inversión por usuario de US\$608. Ante esta situación, DP&L solicitó a la Comisión Regulatoria de Ohio

⁵ The Dayton Power and Light Company's Advanced Metering Infrastructure Plan, Colombia Inteligente, Primer Seminario de Mercados inteligentes, Bogotá, Junio De 2012.

retirar el proyecto y no realizarlo, lo cual también ha ocurrido en otras empresas tales como PG&E, Xcel en Bulder, Colorado y en Westerville Ohio.

- Además del altísimo costo de los sistemas de medición avanzada AMI, en Colombia la actual estructura tarifaria que subsidia la mayoría de los consumidores residenciales, es un serio inconveniente para su implementación, ya que para los consumidores subsidiados no existen incentivos significativos para reducir su demanda. Así mismo, los bajos consumos de energía per cápita que presenta el país, se constituyen en otra barrera para la implementación de programas de respuesta de demanda con base en precios dinámicos.

2.2.6 Mercado

- La industria eléctrica y los mercados eléctricos fueron diseñados y han sido operados bajo la noción que la demanda es pasiva; sin embargo hoy se considera que la carga del consumidor es elástica. Uno de los objetivos de las Redes Inteligentes es dar a los usuarios una mejor percepción de su consumo de carga, con el fin de permitirles responder a las tarifas con base en preferencias individuales. La participación activa de la demanda a través de los programas de respuesta de demanda, permite lograr un mercado eficiente con participación de la oferta y la demanda, que responda a esquemas de precio transparentes. Además contribuye a disminuir el poder de mercado.
- El Mercado de Energía Mayorista – MEM es un mercado de día siguiente y su cierre se efectúa 16 horas antes del suministro. Los eventos que afecten el despacho de unidades en el día de suministro, se corrigen mediante la elaboración de redespachos, con base en las ofertas iniciales. Con el fin de proveer mayor confianza al mercado, obtener un despacho eficiente, mejorar la competencia y acercar las ofertas a las condiciones existentes, en la práctica se recurre a los mercados intradiarios y de balance.
- Con el desarrollo de las Redes Inteligentes, los mercados requerirán su evolución para manejar la complejidad de los interfaces y las nuevas reglas, y acomodar nuevos productos: las fuentes renovables y el almacenamiento de energía como recursos del mercado, el precio dinámico de los programas de respuesta de demanda, la respuesta de demanda para suplir servicios complementarios, el acople de la generación distribuida con los recursos de demanda, etc.

2.3 Conclusiones

- Una de las justificaciones en el mundo para el desarrollo de las Redes Inteligentes tiene que ver con la sostenibilidad ambiental mediante reducción de las emisiones de CO₂; en el caso Colombiano donde la contribución a las emisiones es insignificante, resultan difíciles de justificar. Por otra parte, existe la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operacionales de los sistemas, para lo cual el sector eléctrico colombiano, de todas formas debe prepararse para la implementación de las Redes Inteligentes, teniendo muy en cuenta que las necesidades básicas de los sistemas eléctricos actualmente se encuentran en las áreas de su subtransmisión y distribución, que requieren en el corto plazo inversiones considerables para poder asegurar la calidad y confiabilidad del servicio.
- Los beneficios de la utilización de las Redes Inteligentes deben contrastarse muy bien con las altas inversiones requeridas para su implementación y además el análisis debe ser muy exigente en la valoración del Beneficio/Costo de la inversión. En este sentido, en la implementación de sistemas AMI, considerados como primera etapa para el desarrollo de las Redes Inteligentes, existen experiencias muy variadas, unas exitosas y otras menos exitosas como el caso descrito de DP&L, donde fue necesario la cancelación del proyecto previamente aprobado.
- En el caso Colombiano, teniendo en cuenta el tiempo de servicio de algunas plantas de generación y sistemas de transmisión y distribución y la necesidad de incrementar la capacidad de la transmisión y distribución, estas áreas muestran oportunidades claras para que dentro del proceso de modernización y repotenciación, se utilicen las tecnologías de punta.
- El potencial hidroeléctrico del país es muy significativo y en la matriz energética de Colombia continuará teniendo predominancia, además debido a que la generación hidroeléctrica beneficia la producción de otras fuentes: permite la operación complementaria con los recursos térmicos, sirve como almacenamiento virtual de los recursos a base de gas, viento, biomasa, etc. y facilita la integración económica de las fuentes de producción estacionales e intermitentes. También aumentando su capacidad de almacenamiento, surge como alternativa para mitigar el impacto de los cambios climáticos en los caudales hidrológicos. Sin embargo, el desarrollo de la hidroelectricidad

enfrenta una serie de dificultades y está contrapuesto a las recomendaciones ambientales y sociales,

- Existe el reto de desarrollar los abundantes recursos hidroeléctricos que son atractivos por la baja emisión de gases de invernadero, pero que son cuestionados por su impacto ambiental físico. Se necesita establecer una estrategia de utilización de la tierra, para reconciliar la localización de los proyectos de energía con la protección ambiental. También se requiere la actualización del inventario del potencial hidroeléctrico nacional, con optimización de cuencas, que sirva de base para la adjudicación racional de los desarrollos futuros.
- Los requerimientos de abastecimiento para las ZNI en Colombia, conllevan también oportunidades interesantes para la reducción de emisiones de CO₂ y ahorros de combustibles líquidos, vía la utilización de energías renovables del tipo solar y eólica.
- En cuanto a la distribución existe un amplio espectro para la mejora de la eficiencia energética y para la modernización operativa, además de la implementación de la medición centralizada. Ahora bien, estos procesos están acompañados de cuantiosas inversiones en las áreas de comunicaciones, tecnología de información y medición entre otras. Aquí existe un excelente espacio tecnológico para las Redes Inteligentes, no obstante el CSMEM considera que a mediano plazo las inversiones deben estar orientadas a mejorar sustancialmente la confiabilidad de los STR y de los sistemas de distribución.
- En muchos casos el desarrollo de las Redes Inteligentes corresponde a un reto de implementación más que de tecnología, como es el caso del consumo por iluminación que podría reducirse actualizando los equipos de iluminación, la reducción de pérdidas en redes de transmisión y distribución y la repotenciación de redes eléctricas mediante el cambio de tensión, todas ellas utilizando tecnologías existentes.
- Aunque no todos los inductores que llevan a las Redes Inteligentes en países de Europa o en Estados Unidos, son aplicables al caso colombiano, éstas son una realidad que estará presente en el sistema de potencia eléctrico y por tanto es necesario preparar el sistema para la incorporación futura de las

innovaciones tecnológicas, lo cual no solo conlleva la adaptación y utilización de las tecnologías existentes y en desarrollo, los equipos y automatismos, las comunicaciones, los sistemas de tecnología de información, los interfaces con otros sistemas de información, el aseguramiento de la interoperatividad, etc., sino también la evolución regulatoria adecuada que permita su incorporación y el establecimiento de nuevas reglas requeridas en el mercado eléctrico.

- El CSMEM considera que en el panorama de desarrollo de las Redes Inteligentes en Colombia hace falta la visión de país, pues no obedece a unas metas y objetivos de política energética a nivel nacional. Al respecto son bien conocidas las metas que se fijaron en Europa para el desarrollo de las Redes Inteligentes (20% de recursos renovables, 20% de mejor eficiencia, para el año 2020), o las de otros países. Antes de decidir el uso de los recursos renovables, bien sea porque llegan a ser competitivos con los recursos convencionales existentes, o porque van a ser subsidiados, es necesario definir a mediano y largo plazo, cual ha de ser la matriz energética que más conviene al país, así como el grado de penetración de los recursos renovables frente a los recursos primarios (hidroelectricidad, carbón, gas, etc.) disponibles para la generación de energía eléctrica.