

**PROPUESTA PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS DE  
EMPODERAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO MEDICIÓN  
INTELIGENTE “*SMART METERING*”**

**WILLIAM CAMILO BECERRA RIAÑO CÓDIGO: 2062476**

**LUIS MIGUEL RIOS CUENTAS CÓDIGO: 2053033**



**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**PROPUESTA PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS DE  
EMPODERAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO MEDICIÓN  
INTELIGENTE “SMART METERING”**

**WILLIAM CAMILO BECERRA RIAÑO  
LUIS MIGUEL RIOS CUENTAS**

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de Ingeniero  
Electricista y Electrónico respectivamente.**

**DIRECTOR:**

**GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA  
Ingeniero Electricista, Ph.D**

**CODIRECTOR:**

**MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL  
Ingeniero Electricista, Ms.c**



**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

*Este trabajo de grado está dedicado como muestra de agradecimiento, a cada una de esas personas que me apoyaron durante este proceso:*

*A Dios todo poderoso, por darme la vida, la fuerza necesaria para luchar por este logro y demostrarme fielmente su amor, siendo guía en cada uno de mis pasos.*

*A mi madre Judith, por brindarme su amor, entrega, cariño y consejos y por su apoyo infinito en los momentos cuando más los necesité, creyendo siempre en mí.*

*A mi padre Luis Clemente, por demostrarme que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr, por su apoyo incondicional, consejos, amor y ser mi amigo.*

*A mis hermanos Carolina y Alejandro, por su cariño, alegría y por ser mi principal motivación a convertirme en un gran ejemplo para ellos.*

*A Lizeth por su paciencia, amor y ser parte de mis días, gracias por fortalecerme y respaldar mi desarrollo profesional y personal.*

*A toda mi familia que estuvo presente en este proceso.*

*A la familia Ballesteros Galvis que han contribuido en mi formación profesional y humana.*

*A mi compañero y amigo Camilo Becerra, que conformamos un buen equipo de trabajo en la construcción de este proyecto de Investigación.*

*A mis amigos con los cuales compartí extraordinarias experiencias durante el desarrollo de mi carrera, esos recuerdos los tendré siempre presentes.*

*A todos mis más sinceros agradecimientos.*

**LUIS MIGUEL RIOS CUENTAS**

## **DEDICATORIA**

*Este logro se lo debo como primera medida a Dios todopoderoso que me ha llenado de bendiciones y me ha acompañado con su infinita misericordia.*

*A mis padres Lucila Riaño Becerra y José S. Becerra Manosalva que su enorme entrega y apoyo fueron siempre protagonistas en mi formación como persona de bien, por su apoyo infinito en los momentos cuando más los necesité pues siempre creyeron en mí, impulsándome a ser cada día mejor y a enfrentar con valor las tribulaciones del camino. Siempre serán parte de mis grandes motivaciones en la vida.*

*A mis hermanos Edna, Javier y Giovanni, que con el enorme apoyo que me han brindado y con su ejemplo como grandes profesionales, me han inspirado a luchar cada día por mis sueños siendo cada vez mejor en el aspecto personal y profesional.*

*A Alejandra Chaparro y mis hijos que con su paciencia y motivación me han dado muchas razones para seguir adelante, luchando y aprendiendo de cada situación de la vida.*

*A los miembros de mi familia, por estar presentes en cada momento.*

*A los profesores Manuel José Ortiz Rangel y Gabriel Ordóñez Plata los cuales fueron apoyos vitales en el desarrollo de este trabajo de grado.*

*A mi compañero Miguel Ríos, demás amigos y compañeros universitarios que me brindaron apoyo para salir adelante con mi formación como profesional.*

*Finalmente, a todas las personas que hicieron parte de este proceso de aprendizaje personal y profesional.*

*Esta meta cumplida ha sido posible gracias a ustedes, infinitas gracias.*

**WILLIAM CAMILO BECERRA RIAÑO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron en la realización de este trabajo de grado, al Director de esta Investigación, el Dr. Gabriel Ordoñez Plata y al Codirector, el MIE. Manuel José Ortiz Rangel, por su respaldo, confianza, conocimiento y orientaciones brindadas a lo largo de este trabajo de grado.

Y a la Universidad Industrial de Santander, por ser la fuente de conocimiento en la vida profesional y humana de cada uno de nosotros.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	18
1. JUSTIFICACIÓN.....	22
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
3. ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	27
3.1 PRECURSORES DEL EMPODERAMIENTO .....	27
3.2 EMPODERAMIENTO EN EL “SECTOR ELÉCTRICO” .....	28
3.3 OBJETIVOS DEL EMPODERAMIENTO.....	30
3.4 EXPECTATIVAS DEL EMPODERAMIENTO.....	32
3.4.1 Operacionales.....	33
3.4.2 Financieros. ....	33
3.4.3 Para Usuarios. ....	33
3.4.4 De seguridad.....	33
3.4.5 Culturales.....	34
3.5 IMPACTO DE LA CONCIENTIZACIÓN DEL CLIENTE EN EL MERCADO ENERGÉTICO .....	34
3.5.1 Mejora de la fiabilidad energética. ....	34
3.5.2 Estabilización de la demanda energética.....	36
3.5.3 Cambio en el marco regulatorio. ....	36
3.5.4 Facilitar el progreso tecnológico. ....	37
3.5.5 Desarrollo de la generación distribuida. ....	37
3.5.6 Impacto para la inversión de las empresas distribuidoras de la energía eléctrica. ....	38

3.6 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	39
3.6.1 Medidor de la energía eléctrica.....	39
3.6.1 Medidor de la energía eléctrica.....	39
3.6.2 Evolución del medidor electrónico de energía eléctrica. ....	41
3.6.3 Medidor inteligente necesario para el empoderamiento. ....	46
3.6.4 Beneficios de los medidores Inteligentes. ....	47
3.7 GESTIÓN DE LA DEMANDA.....	51
3.8.1 Programas de ahorro y eficiencia energética.....	52
3.8.2 Programas de control indirecto de cargas eléctricas mediante tarificación...53	
3.8.2.1 Tarifas de periodos de utilización “ <i>Time of Use tariff - TOU</i> ”. ....	53
3.8.2.2 Precios de momento crítico “ <i>Critical Peak Pricing - CPP</i> ” ....	53
3.9 BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA.....	54
4. ESTRATEGIA DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	55
4.1 PROPÓSITO DE LA ESTRATEGIA DE LAS 5P (PLANES, POLÍTICAS, PROGRAMAS, PROYECTOS, PROPÓSITOS) .....	55
4.1.1 Planes.....	55
4.1.3 Programas. ....	55
4.1.4 Proyectos.....	55
4.1.5 Propósitos.....	56
5. MARCO LEGAL COLOMBIANO.....	57
5.1 LEY 142 DE 1994 .....	58
5.2 LEY 143, JULIO 11 DE 1994 .....	59
5.3 LEY 697 OCTUBRE 3 DE 2001.....	61
5.4 DECRETO 2331 DE 2007.....	62
5.5 DECRETO 3450 DE 2008 “MEDIDAS TENDIENTES AL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.”.....	63
5.6 RESOLUCIÓN 180919 DE 2010 (PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DEL PROURE) .....	63

5.7 LEY 1450 de 2011 .....	63
5.8 RESOLUCIÓN 065 DEL 25 DE JUNIO DE 2012.....	64
5.9 LEY 1665 DEL 16 DE JULIO DE 2013 .....	65
5.10 LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DE 2014.....	66
5.11 RESOLUCIÓN 549 DEL 10 DE JULIO DE 2015 .....	68
5.12 DECRETO 2143 DEL 4 DE NOVIEMBRE DE 2015 .....	69
5.13 RESOLUCIÓN 029 DEL 7 DE MARZO DE 2016.....	69
5.14 RESOLUCIÓN 039 DEL 15 DE MARZO DE 2016.....	69
5.15 NORMA NTC-ISO 50001 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA .....	70
6. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE LAS 5P EN LOS DIFERENTES PAÍSES .....	72
6.1 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PAÍSES .....	72
6.2 ANÁLISIS, SÍNTESIS E IMPORTANCIA DE CADA PAÍS .....	72
6.2.1 Alemania.....	72
6.2.2 Austria.....	75
6.2.3 Brasil.....	79
6.2.4 Chile.....	79
6.2.5 España.....	84
6.2.6 Estados Unidos.....	87
6.2.7 Francia.....	89
6.2.8 Holanda.....	90
6.2.9 Italia.....	91
6.2.10 México.....	92
6.2.11 Noruega.....	95
6.2.12 Reino Unido.....	96
7. ESTADO DEL ARTE DE LAS <i>SMART GRIDS</i> EN COLOMBIA .....	100
8. PROPUESTA DE EMPODERAMIENTO EN COLOMBIA.....	106

8.1 ACTUAL CRISIS ENERGÉTICA EN COLOMBIA (2016) .....	107
8.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA AMI EN COLOMBIA .....	111
8.3 SOLUCIONES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL .....	117
8.3.1 HEMS (Home Energy Management Systems).....	117
8.3.2 UHAN Red de comunicaciones en el hogar ( <i>Utility Home Area Network</i> ). .....	119
8.3.3 CHAN Red de área del usuario ( <i>Customer Home Area Network</i> ).....	119
8.3.4 Visualizadores en casa ( <i>IHD- “In Home Displays”</i> ). .....	119
8.3.5 Supplementary IHD (SIHD).....	120
8.3.6 CAD “ <i>Consumer Acces Device</i> ” Acceso a dispositivos de consumo. ....	120
8.4 RETOS TÍPICOS EN UNA <i>SMART GRID</i> .....	121
8.5 POLÍTICAS INVOLUCRADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA <i>SMART GRID</i> .....	123
8.6 EDUCACIÓN DEL CONSUMIDOR.....	128
8.7 ACCESO OPORTUNO A LOS DATOS DE ENERGÍA .....	129
8.7.1 Accesibilidad a Internet. ....	129
8.7.2 Acceso oportuno a los datos.....	130
8.7.3 Lectura de datos en formato estándar. ....	130
8.7.4 Autorización de acceso a terceros .....	131
8.8 PRIVACIDAD DE LOS DATOS.....	131
8.9 SEGURIDAD.....	131
8.10 PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR.....	132
8.11 HERRAMIENTAS E IDEAS RELACIONADAS CON EL EMPODERAMIENTO .....	133
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
REFERENCIAS .....	143
BIBLIOGRAFIA.....	155

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Especificaciones de la Arquitectura EMPOWERING.....	25
Figura 2. Iniciativa Green Button.....	29
Figura 3. Flujo de datos y cómputo EMPOWERING.....	29
Figura 4. Movimiento estratégico en la opinión pública. ....	32
Figura 5. Papel de la respuesta a la demanda en Sistemas de Energía Eléctrica.	36
Figura 6. Factores que impactan en la concientización y la satisfacción del cliente. .....	39
Figura 7. Estructura genérica del contador de energía eléctrica.....	40
Figura 8. Diagrama de medición corriente e Inteligente.....	44
Figura 9. Estructura general del sistema de Telemedida. ....	47
Figura 10. Beneficios para el consumidor de la energía eléctrica.....	48
Figura 11. Proceso de facturación y toma de datos actual de energía eléctrica en usuarios regulados.....	50
Figura 12. Proceso de medición, facturación y toma de datos a través de medición inteligente.....	50
Figura 13. Respuesta a la demanda EnerNOC.....	52
Figura 14. El sistema 5P.....	56
Figura 15. Consumo energético vs eficiencia energética en Alemania. ....	73
Figura 16. Escenario de generación de electricidad en Alemania 2005–2050. ....	73
Figura 17. Principales metas para el 2050 en Chile.....	82
Figura 18. Ejecución técnica de IREN Italia.....	92
Figura 19. Mapa conceptual de la ENE. ....	94
Figura 20. Mapa Estratégico de la ENE.....	94
Figura 21. Impacto de la Reforma.....	95
Figura 22. Tasa de penetración por región de los Smart Meter. ....	99
Figura 23. Red eléctrica Actual vs. Red eléctrica Inteligente. ....	100
Figura 24. Estructura Colombia Inteligente.....	101

Figura 25. Fases de la iniciativa Colombia Inteligente. ....	102
Figura 26. Principales campos de acción de Smart Grid [79]. ....	103
Figura 27. Factores Motivadores de las Redes Inteligentes. ....	104
Figura 28. Resultados y Beneficios Esperados en Colombia. ....	105
Figura 29. Demanda diaria de Electricidad en Colombia. ....	109
Figura 30. Diagrama de bloques de una AMI, Advanced Metering Infrastructure. .....	111
Figura 31. Arquitectura de un sistema de comunicaciones AMI. ....	114
Figura 32. Gestión de la energía eléctrica en el Hogar.....	118
Figura 33. Estructura de los dispositivos de comunicación.....	121
Figura 34. Diagrama causal de una Smart Grid.....	123
Figura 35. Diagrama causal – Ampliación del embalse. ....	124
Figura 36. Comportamiento del modelo en el escenario base.....	126
Figura 37. Comportamiento del modelo en el escenario 2 vs. Escenario base. ..	127
Figura 38. Comportamiento del modelo en el escenario 3 vs. Escenario base. ..	127
Figura 39. Propuesta de empoderamiento en Colombia.....	134

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparacion entre Medidores de energia analogicos y Smart Meters....	45
Tabla 2. Comparación entre tecnologías de medición analógica, AMI Y AMR. ....	46
Tabla 3. Porcentajes de ahorro Año 1. ....	68
Tabla 4. Porcentajes de ahorro Año 2. ....	68
Tabla 5. Distribución de los Smart Meter en Estados Unidos. ....	88

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tabla de Paises.....CD

## RESUMEN

**TITULO:** PROPUESTA PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS DE EMPODERAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO MEDICIÓN INTELIGENTE “SMART METERING”<sup>1</sup>

**AUTORES:** WILLIAM CAMILO BECERRA RIAÑO  
LUIS MIGUEL RIOS CUENTAS<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Sostenibilidad, eficiencia energética, empoderamiento del usuario de la energía eléctrica, gestión centralizada, gestión de la demanda energética, iniciativa Empowering, iniciativa Green Button, Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), medición inteligente, medidas centralizadas de energía, medidores inteligentes, red eléctrica inteligente, sistema de gestión energética, sostenibilidad energética.

### DESCRIPCIÓN:

En el desarrollo de este trabajo de grado se realiza una revisión de los diversos proyectos que se encuentran en proceso de implementación para propiciar el empoderamiento del usuario de la energía eléctrica, con miras a un uso racional y eficiente de ésta. Partiendo de la revisión, se hará una propuesta que permita adaptar estos modelos en el sistema eléctrico colombiano.

Este trabajo de grado se basó en un proceso de selección y clasificación de los artículos y las publicaciones más relevantes que giran en torno a los servicios desarrollados a partir de la red eléctrica Inteligente y el empoderamiento en el servicio de energía eléctrica.

Para este proceso de selección se realizó la búsqueda en la base de datos de la IEEE, la página oficial de la iniciativa GREEN BUTTON y EMPOWERING, la base de datos de Leonardo Energy Power Quality al igual que las entidades y proyectos en diferentes países que han implementado dicha iniciativa en donde se analiza la información de las publicaciones con el fin de seleccionar la información más útil.

Se pretende dar una visión general sobre el empoderamiento del usuario de la energía eléctrica, partiendo de la descripción de los principales componentes de medición y medidores inteligentes y de comunicación que conforman la estructura de la red inteligente, resaltando la importancia de la infraestructura de medición avanzada (AMI) y los dispositivos inteligentes como base en la gestión de la información para el desarrollo de los servicios complementarios hacia el usuario final.

También se describe y se analiza la necesidad de estudiar proyectos desarrollados e implementados en distintas ciudades del mundo, con el fin de observar y extraer la información más relevante, para una futura implementación a nivel nacional, teniendo en cuenta aspectos de tipo económico, político, social, tecnológico y normativo para su posible desarrollo.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Director: Gabriel Ordóñez Plata, Ingeniero Electricista, Ph.D y Codirector: Manuel José Ortiz Rangel, Ingeniero Electricista, Ms.c

## ABSTRACT

**TITLE:** PROPOSAL FOR ADAPTATION MODELS EMPOWERMENT OF MEASUREMENT USING "SMART METERING".<sup>3</sup>

**AUTHORS:** WILLIAM CAMILO BECERRA RIAÑO  
LUIS MIGUEL RIOS CUENTAS<sup>4</sup>

**KEY WORDS:** Energy confiability, energy efficiency, user empowerment electric power, centralized management, management of energy demand, empowering Initiative, Green Button Initiative, Advanced Metering Infrastructure (AMI), smart metering, centralized energy measures, smart meter, smart grid, energy management system, energy sustainability.

### DESCRIPTION:

In the development of this degree work, it will be carried out an examination of different projects that are found in an implementation process in order to Foster the empowerment of electric energy users, with the aim of making a rational and efficient use of it. From this revision, it will be done a proposal that will let adapting these models in the Colombian electric system.

This degree work was based on a selection and classification process of the most relevant articles and publications that deal with the services developed from the electric smart grid and the empowering of electric energy services.

For this selection process a search in the IEEE database, the GREEN BUTTON and EMPOWERING initiative official page was conducted, the data base of Leonardo Energy Power Quality as well as in the organizations and projects from different countries that have implemented this initiative, where the information from the publications is analyzed with the purpose of selecting the most useful information.

It's pretended to give an overall view about the empowering of energy users, based on the description of the main measurement components and the intelligent communication meters that give shape to the intelligent network structure, pointing out the importance of the advanced measurement infrastructure (AMI) and the intelligent devices, as main sources in the management of information for the development of complementary services that are aim to the final user.

Additionally, the need of studying projects that were developed and implemented in other foreign cities is also described and analyzed, in order to observe and extract the most relevant information for a future implementation at a national level, taking into account economic, political, social, technological and regulatory aspects for its possible development.

---

<sup>3</sup> Degree Work

<sup>4</sup> Faculty of Engineering Physics and Mechanics. School of Electrical and Telecommunications Engineering, Electronics. Director: Ph.D Gabriel Ordóñez Plata, Codirector: MIE, Manuel José Órtiz Rangel.

## INTRODUCCIÓN

Este documento recopila las principales estrategias de Empoderamiento<sup>5</sup> realizadas en dieciséis países incluyendo a Colombia, cuatro países del entorno latinoamericano, once países europeos y EE.UU. Esto con el propósito de identificar los modelos y las prácticas más destacadas de empoderamiento con relación al uso de la energía eléctrica, que se puedan aplicar en Colombia.

Las iniciativas de empoderamiento en cada país se presentan en cinco estados de desarrollo e implantación, desde las ideas formuladas en los planes de desarrollo de las naciones hasta estrategias con resultados concretos como "EMPOWERING"<sup>6</sup> adoptado en once países europeos y "GREEN BUTTON"<sup>7</sup> en EE.UU.

Los beneficios del empoderamiento no son transparentes al usuario final y requieren cambios de la infraestructura energética en un escenario convencional, así como el entrenamiento de buenas prácticas y la socialización de estrategias individuales y colectivas.

En el aspecto técnico es necesaria la comunicación bidireccional entre el usuario final y el operador de la red eléctrica, con el propósito de compartir la información relacionada con los parámetros de las variables eléctricas tradicionales e información relacionada con el consumo de energía eléctrica, las cuales están determinadas por pautas y criterios de índole cultural.

---

<sup>5</sup> "Según Krause & Jaramillo (1998), el empoderamiento es un proceso, un conjunto de mecanismos mediante los cuales personas, organizaciones y comunidades ganan en el control de determinada tarea, en este caso del control absoluto de su consumo de electricidad.

<sup>6</sup> *EMPOWERING*: Es un proyecto que fortalece a los consumidores para mejorar su rendimiento energético que busca lograr un equilibrio mejor y más dinámica de la oferta y la demanda y así lograr contribuir a la consecución del objetivo de mejora de la eficiencia energética del 20% de la UE [1].

<sup>7</sup> *GREEN BUTTON*: Es una organización que ayuda a analizar y planificar los datos suministrados por el usuario de Energía eléctrica vía electrónica con fácil acceso mediante un formato de fácil interpretación por el consumidor [2].

Las estrategias del empoderamiento, apoyadas de una infraestructura de medición avanzada, permiten el acceso en tiempo real a la información de los parámetros eléctricos de los diversos componentes de un sistema eléctrico, para facilitar la toma de decisiones encaminadas a la reducción del consumo energético. Algunas de las estrategias planteadas son:

- La gestión de cargas individuales o por circuito,
- La optimización de los ciclos de trabajo en horas de menor consumo o tarifa,
- La incorporación de fuentes alternativas con menores impactos ambientales
- La reducción de la dependencia de las fuentes de energía convencionales altamente contaminantes.

El aspecto cultural determina la vertiente sobre la cual se fundamentan todas las estrategias de empoderamiento, toda vez que las iniciativas cumplen más fácilmente los propósitos cuando se desarrollan en ámbitos culturales debidamente enfocados, es decir en ámbitos donde se maximizan los beneficios y se reducen las restricciones. Así mismo todas las estrategias se encuentran directa o tácitamente involucradas. Por ejemplo, la migración de los consumos de energía eléctrica de cargas significativas desde las horas pico a las horas valle en un escenario de tarifa diferencial, tiene un efecto en la reducción de los costos de la energía eléctrica, así como los picos de la curva de demanda del usuario, en cuyo caso el operador de las redes podría atender un mayor número de clientes sin incrementar la infraestructura, es decir una reducción de los costos marginales.

Debido a la creciente demanda de energía eléctrica<sup>8</sup> y la necesidad de infraestructuras para soportarla, se hacen evidentes los siguientes retos por superar:

---

<sup>8</sup> Durante la última década el consumo creció a una tasa media anual de 2.9%, en parte afectado por la desaceleración económica del año 2009. A futuro, se estima en el escenario medio un crecimiento de la demanda eléctrica de 3.9% y 4.4% para los años 2013 y 2014, respectivamente, valor alentado por la entrada de nuevas cargas petroleras; para el periodo 2012-2020 se proyecta un crecimiento medio anual de la demanda de 3.9%. Respecto a la potencia máxima de energía

- Capacidad instalada vs. demanda actual y proyectada.
- Madurar estrategias de empoderamiento y adoptar practicas más eficientes.
- Realizar inversiones en fuentes renovables de energía eléctrica a gran y pequeña escala.
- Apropiación de parámetros culturales por parte de los usuarios finales.
- Migración de los esquemas convencionales de medición de los consumos de energía.
- Independencia de los combustibles fósiles.
- Mejorar el acceso a las TIC's<sup>9</sup>.
- Involucrar al usuario en la gestión individual de la demanda.

Según los resultados obtenidos en otros países, la idea del empoderamiento se hace siempre necesaria para referir el uso racional y eficiente de la energía y al desarrollo sostenible, lo cual justifica la necesidad de recopilar, analizar y sugerir un modelo aplicable al caso colombiano.

El documento se encuentra organizado en tres partes, inicialmente se presentarán los objetivos de este trabajo para luego mostrar antecedentes, marco teórico y conceptual del “empoderamiento” y relacionarlo con el tema energético. Seguidamente se nombrarán de manera general los países que hacen parte de esta iniciativa y como han venido evolucionando los medidores y la forma de medir la energía eléctrica que se consume en determinada instalación.

En la segunda parte, se mostrarán algunas ideas y estrategias referentes a la gestión de la demanda, las cuales son útiles en el momento de hablar del empoderamiento del usuario de la energía eléctrica. Después se presentará la

---

eléctrica, se calcula un crecimiento para lo restante de la década de 3.1%. Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia. UPME Revisión marzo de 2013.

<sup>9</sup> TIC's: Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son todos aquellos recursos, herramientas y programas que se utilizan para procesar, administrar y compartir la información mediante diversos soportes tecnológicos tales como: computadoras, teléfonos móviles, televisores, reproductores portátiles de audio y video o consolas de juego [3].

estrategia de análisis de la información “5P’s”, la cual fue utilizada para la organización de los proyectos existentes a nivel mundial.

Finalmente se abordará el marco legal colombiano que ha conducido a tomar decisiones acerca del uso racional y eficiente de la energía eléctrica; Se hará un análisis y síntesis de cómo ha venido evolucionando el empoderamiento en distintos países y para terminar se mostrarán características, ideas, iniciativas y proyectos que se podrían llevar a cabo en nuestro país.

## 1. JUSTIFICACIÓN

En el último siglo, la humanidad ha experimentado un gran desarrollo sustentado en el aprovechamiento de fuentes de energía de origen fósil. La explotación de los recursos requeridos para estas energías, se ha hecho suponiendo una disponibilidad ilimitada de recursos, sin valorar en ningún momento los impactos ambientales ocasionados [4].

Partiendo de la problemática mencionada anteriormente, nace la necesidad de proponer nuevos modelos de gestión energética que aporten al desarrollo sostenible de nuestro país. En este trabajo de grado se aborda uno de ellos, el cual es el tema del “EMPODERAMIENTO” del usuario de la energía eléctrica apoyado en *Smart Grids*, más específicamente *Smart Metering*, que consiste en involucrar al consumidor como participe activo en la operación del sistema eléctrico, por medio de aplicaciones, protocolos de comunicación y dispositivos de conexión y desconexión de forma remota. Esta iniciativa ha sido desarrollada en varios países de la unión europea, Estados Unidos y algunos latinoamericanos que se nombrarán con detalle en el desarrollo del documento, los cuales han mostrado resultados favorables en cuanto a reducción de CO<sub>2</sub> y curvas de demanda más estables.

En consecuencia, la aplicación de estrategias concretas derivan en ideas como “*EMPOWERING*” y “*GREEN BUTTON*” que se han consolidado por medio de proyectos en desarrollo o en fase de implementación, todos con el fin de propiciar el empoderamiento del usuario mediante el uso de medidores inteligentes (*Smart Metering*), gestión energética y el mejoramiento de los parámetros culturales del usuario final, lo cual mejora la dinámica para cuantificar el consumo de energía

eléctrica, evitando la estimación de las expectativas de facturación y mejorando la toma de decisiones encaminadas al URE<sup>10</sup>.

Dentro de las estrategias concretas se mencionan: la modificación de los perfiles de uso de las cargas de consumo significativo, la identificación y gestión de cargas de consumo innecesario, la realimentación en tiempo real de los consumos desagregados de una instalación eléctrica. Con estas alternativas y las demás derivadas del proceso de empoderamiento se busca lograr un comportamiento más estable de las curvas de demanda para propender por la reducción del consumo y la eficiencia energética.

En los proyectos de empoderamiento del usuario, se advierten propuestas como la adopción de esquemas de tarifa diferencial en la facturación de la energía eléctrica para migrar los consumos energéticos a las horas con menor demanda y tarifa. Adicionalmente, los sistemas de información permiten que el usuario se mantenga informado en tiempo real sobre la desagregación de sus consumos energéticos. De esta manera las bases de datos técnicas y comerciales proveen un insumo valioso para beneficio del usuario final.

En un caso concreto, el exceso de consumo energético se puede controlar mediante la generación de alarmas locales o en dispositivos móviles cuando el consumo exceda los valores de tolerancia permitidos; entre otras circunstancias para evitar penalizaciones por omisión del URE y para mantener la interacción permanente del usuario con la información de su sistema. Un factor de motivación importante para la aceptación que se ha logrado con diversos proyectos de empoderamiento corresponde a la necesidad de reducir el impacto ambiental ocasionado por el uso intensivo de fuentes convencionales de energía.

---

<sup>10</sup> Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible. Ley 697 de 2001.

Con las iniciativas de empoderamiento que se están llevando a cabo a nivel mundial<sup>11</sup>, se quiere impulsar la introducción oportuna de productos y servicios favorables al consumidor, eficientes y escalables, que son fundamentales para la participación de los usuarios en los sistemas de energía inteligentes del futuro, centrandose sus esfuerzos alrededor de los sistemas de medición inteligente, gestión de la energía de los consumidores y la transferencia de datos segura y protegida

Se hace necesario conceptualizar el comportamiento y viabilidad de los servicios contextuales que se pueden generar a partir de la gestión de información en la infraestructura de medición avanzada (AMI)<sup>12</sup> y la sensibilidad al contexto con el objetivo de que en el futuro, al ser instalada una red eléctrica inteligente en el ámbito regional, exista una primera aproximación basada en iniciativas, y algunos modelos y portafolio de negocios de algunas empresas con reconocimiento mundial que permitan el desarrollo de nuevas líneas de negocios para el operador de red, las empresas de servicios públicos, los usuarios residenciales e incluso terceros.

Según los resultados concretos obtenidos en otros países los cuales se nombrarán a lo largo del documento, la idea del empoderamiento, muestra su eficacia para referir el uso racional y eficiente de la energía y al desarrollo sostenible, lo cual justifica la necesidad de recopilar, analizar y sugerir un modelo aplicable al caso colombiano.

A lo largo de este trabajo se describirán las características y requerimientos de una red eléctrica para garantizar la implementación de un modelo de empoderamiento con base en ideas, iniciativas y proyectos llevados a cabo a nivel

---

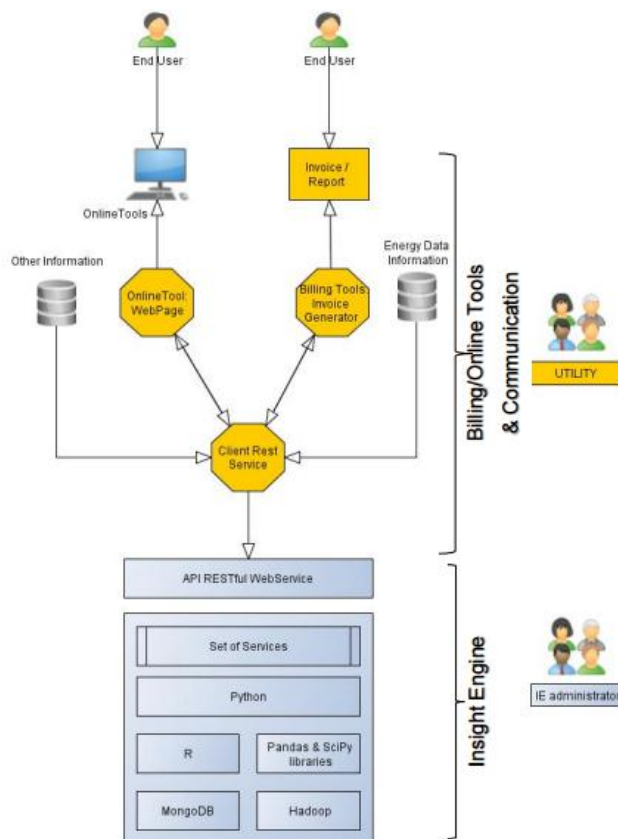
<sup>11</sup> Esta estrategia está actualmente planteada en Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia, Noruega, Reino Unido, y Suecia, además de países de América como Brasil, Chile, Colombia, EEUU, México

<sup>12</sup> AMI: "Advanced Metering Infrastructure" Infraestructura que comprende la medición inteligente, las estructuras de comunicación del medidor con los usuarios y Utilities y la información registrada en formatos estándar [5].

mundial, sin dejar de lado la importancia de la generación distribuida con la implementación de las micro redes que serían de gran apoyo para la red existente.

En la Figura 1 se muestra la arquitectura general del sistema donde se puede ver la interacción entre los actores con el sistema eléctrico que permite la facturación informativa en línea.

Figura 1. Especificaciones de la Arquitectura EMPOWERING.



Fuente: "Arquitectura EMPOWERING" [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/EMPOWERING\\_D3.2.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/EMPOWERING_D3.2.pdf) [6].

## 2. OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo de grado.

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Revisión de los proyectos de empoderamiento basados en medición inteligente que se encuentran en proceso de implementación en países como Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia e Italia, además de EEUU y Brasil, dirigidos al uso racional y eficiente de la energía eléctrica, proponiendo a su vez una adaptación al sistema eléctrico colombiano.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el desarrollo del objetivo general, se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los proyectos de empoderamiento que se encuentran en proceso de implementación en la actualidad, tales como *Green Button*, *Empowering* y *e-powering count*.
- Realizar un proceso comparativo que involucre cada uno de los modelos identificados, con el fin de determinar ventajas y desventajas de cada uno.
- Proponer un modelo de empoderamiento, adaptado al sistema energético en Colombia, teniendo en cuenta características del consumidor, con el fin de lograr curvas de consumo más estables, reduciendo el consumo innecesario.
- Propuesta de aplicaciones y servicios innovadores para crear consciencia en los consumidores en el uso de la energía y sus impactos ambientales

### 3. ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Referenciados en investigaciones anteriores y directamente relacionadas con este trabajo de grado, se expresan a continuación las bases conceptuales que enriquecen la labor investigativa.

#### 3.1 PRECURSORES DEL EMPODERAMIENTO

El concepto “Empoderamiento”, se atribuye al Doctor y antropólogo estadounidense, Roy Rappaport (Nueva York 1926, –1997), definiéndolo como “un proceso, un mecanismo mediante el cual las personas, organizaciones y comunidades logran control sobre determinada tarea”. Este concepto nace de un intento por extender el campo de las acciones posibles tanto desde el punto de vista de los recursos personales (ej., habilidades en la comunicación, liderazgo) como los del entorno (ej., acceso a servicios adecuados, a una vivienda conveniente). Se trata de un poder para atraer el cambio deseado o contribuir a ello [Le Bossé & Dufort, 2002] [7]. Luego los investigadores canadienses “Le Bossé & Dufort” ahondaron un poco más en este concepto:

En la lengua inglesa la palabra *empowerment* es un término común que puede ser empleado en múltiples contextos para significar un aprovechamiento positivo del poder. Desde el punto de vista lingüístico, esta expresión puede ser separada en tres elementos. El primero es el radical *power* que significa poder en inglés, el segundo es el prefijo *em*, que, agregado al radical *power*, expresa un movimiento de acceso al poder. La asociación de estos dos elementos forma el verbo *empower*, que designa generalmente a un aumento del poder. El último elemento es el sufijo *ment* que sugiere la presencia de un estado resultante de aumento del poder. En un primer momento, *empowerment* puede, entonces, ser comprendido como un movimiento (proceso) general de adquisición de poder en vistas a

alcanzar un objetivo preciso (Le Bossé & Dufort, 2002). Su accionar implica un quiebre de la condición de dependencia y una estimulación de autogobierno (Krause & Jaramillo, 1998, “psicólogos estadounidenses” [8]).

### **3.2 EMPODERAMIENTO EN EL “SECTOR ELÉCTRICO”**

El empoderamiento del usuario de la energía eléctrica es una propuesta que ha venido adquiriendo importancia desde finales de la década del 90 en diferentes países del mundo. Se ha vinculado al sector eléctrico por medio de planes, programas, políticas, proyectos y propósitos a nivel mundial.

A lo largo de este trabajo se mostrará el desarrollo de esta nueva tendencia basada en el concepto de empoderamiento del usuario de la energía eléctrica. Grosso modo, consiste primordialmente en lograr que el usuario final se involucre de manera directa en la toma de decisiones encaminadas a la gestión del consumo energético y en crear una conciencia del uso adecuado de la energía eléctrica. Algunos proyectos concretos de esta iniciativa son *Empowering*, *E-powering Count* y *Green Button*.

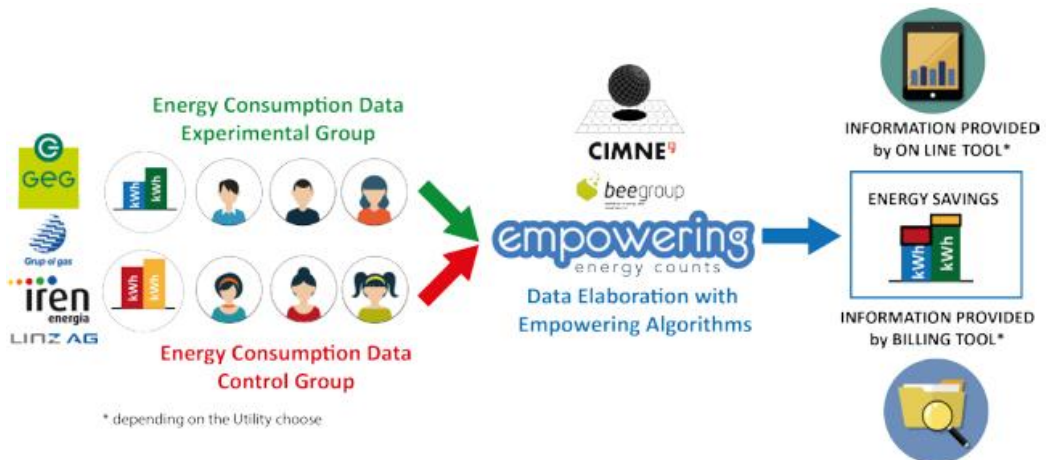
La Figura 2 muestra la estructura de la iniciativa Green Button que se está implementando en los Estados Unidos. Por otra parte, en la Figura 3 se detalla la interacción entre el usuario de la iniciativa *EMPOWERING* y los proveedores de energía a través de herramientas en línea.

Figura 2. Iniciativa Green Button.



Fuente: "Green Button Initiative" [En línea]. Disponible en: <http://www.energy.gov.on.ca/en/ontario-electricity-system/green-button/> [9].

Figura 3. Flujo de datos y cómputo EMPOWERING.



Fuente: "Flujo de datos y cómputo EMPOWERING" [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING\\_D6.3.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING_D6.3.pdf) [10].

### **3.3 OBJETIVOS DEL EMPODERAMIENTO**

Hoy en día, existe una gran preocupación debido a los efectos devastadores causados por el uso inadecuado de los recursos naturales disponibles en nuestro planeta, una evidencia de esto es el cambio climático que se ha venido presentando, debido a la producción de gases de efecto invernadero producto de fuentes altamente contaminantes como los combustibles fósiles y la falta de una cultura de uso de la energía por parte de los consumidores. El empoderamiento es una iniciativa que nace precisamente de esa necesidad de involucrar al usuario en el manejo adecuado de la energía eléctrica, aportando así a dos aspectos u objetivos vitales que tiene esta nueva tendencia, los cuales se describen a continuación.

Uno de los objetivos se focaliza en establecer la cantidad de energía requerida por sistema a partir de los dispositivos utilizados, es decir se requiere la utilización de tecnologías que necesitan menos energía para realizar el mismo trabajo útil, logrando con esto un mejor beneficio. Por consiguiente, la eficiencia energética se basa en el modelado de alternativas para lograr procesos productivos con mejores resultados y menores costos.

Desde la perspectiva de la demanda, este enfoque involucra prácticas dirigidas a reducir el consumo de la energía eléctrica y/o desplazar la demanda de las horas pico a las horas valle de aquellos procesos que lo puedan hacer. Como consecuencia se esperaría mejorar la cobertura del servicio, reducir la dinámica del incremento de las tarifas, aumentar la confiabilidad y la seguridad de los sistemas, racionalizar la inversión en la infraestructura requerida para el suministro de energía eléctrica de los usuarios y reducir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero.

Luego desde el punto de vista de la oferta, se refiere al conjunto de medidas adoptadas para garantizar una mejora en la cadena de suministro de la energía eléctrica mediante las buenas prácticas del funcionamiento, la adopción de estrategias adecuadas para el mantenimiento del sistema eléctrico y la repotenciación de los sistemas con nuevas tecnologías.

Otro aspecto importante es la reducción del uso de fuentes de energía convencionales altamente contaminantes, sustituyendo algunas de estas necesidades de energía con fuentes de energía renovables [11].

El otro objetivo del empoderamiento es lograr el equilibrio entre la seguridad energética, la confiabilidad de la infraestructura del servicio y la capacidad que tienen las empresas que suministran la energía eléctrica para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los usuarios desde una perspectiva de equidad social, de mitigación del impacto ambiental, y para mantener el equilibrio necesario entre la oferta y la demanda, lo cual requiere la incorporación de fuentes de energía renovables y otras con bajas emisiones de gases de efecto invernadero para mejorar la calidad del aire y reducir el calentamiento global [12].

El empoderamiento busca además cambiar la percepción actual que considera que la energía eléctrica es costosa y afecta el medio ambiente, hacia una posición donde la electricidad es considerada como sostenible y que los beneficios tanto a nivel personal y social están por encima del costo. La Figura 4 muestra la perspectiva de este cambio estratégico que se logrará con el empoderamiento de la opinión pública.

Figura 4. Movimiento estratégico en la opinión pública.



Fuente: Thorsén, M; Karlsson, K; Hedman, O. *Changing the attitudes about electricity*. IEEE. 2013. p. 2. [13].

### 3.4 EXPECTATIVAS DEL EMPODERAMIENTO

Los usuarios son parte integral del sistema eléctrico. Ellos colaboran con el balance entre oferta y demanda energética, adicionalmente tienen el potencial de contribuir con los niveles de confiabilidad del sistema mediante la modificación de su comportamiento de consumo. Para esto, es preciso el desarrollo de tecnologías que brinden información dinámica sobre precios e incentivos y que el cliente tenga la oportunidad de administrar su consumo de energía eléctrica.

Implantar un modelo de empoderamiento permitiría al usuario que su acceso a los datos de consumo de energía eléctrica sea de forma segura y estandarizada, permitiéndole conocer su consumo de energía eléctrica de forma casi inmediata, con lo cual se espera que esto cree conciencia y promueva la eficiencia energética a través de dicho estándar, eliminando de igual forma los riesgos de privacidad y de seguridad asociados con compartir los datos de consumo de energía.

Las ventajas directas del empoderamiento de los usuarios, se pueden considerar en cinco escenarios diferentes que se describen a continuación:

**3.4.1 Operacionales.** Permite una menor incertidumbre en la lectura de los datos de consumo de energía eléctrica, una respuesta rápida a daños presentados y detección de posibles consumos anómalos de energía. Reducción de costos en la lectura de consumos de energía eléctrica debido a que, por medio del empoderamiento del usuario, tanto la empresa como el cliente, tendrían acceso al consumo remotamente.

**3.4.2 Financieros.** Posibilita la reducción de costos de equipos, mano de obra y procesos de facturación en línea permitiendo el ahorro en la facturación de la energía eléctrica y otros incentivos para los consumidores finales [14].

**3.4.3 Para Usuarios.** Los usuarios pueden detectar de forma rápida los consumos innecesarios de energía eléctrica, lo cual se traduce en una reducción en la factura de energía eléctrica debido al mejor manejo del consumo.

**3.4.4 De seguridad.** Según el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica, EPRI<sup>13</sup> (2009), uno de los mayores desafíos que enfrenta el desarrollo de redes inteligentes se relaciona con la seguridad cibernética de los sistemas y es un problema crítico, debido a la posibilidad cada vez mayor de ataques cibernéticos y los incidentes en contra de este sector.

Otro aspecto de la seguridad cibernética a tener en cuenta es la privacidad de la información de los usuarios. El uso indebido de la información del consumo de energía eléctrica de los usuarios puede llevar a que se pueda identificar los equipos que hay en un hogar y sus patrones de uso, el número de personas que viven en un hogar y sus costumbres (hora de levantarse y acostarse, comidas, lugares de la vivienda en los que pasan más tiempo).

---

<sup>13</sup> EPRI: Es un instituto que realiza investigaciones sobre temas de interés de la industria de la energía eléctrica en Estados Unidos. Las áreas de interés que abarca EPRI comprenden la mayoría de los temas relacionados con la generación de energía eléctrica, la distribución de electricidad y su uso, [Online]. Disponible en: <http://www.epri.com>

Un aspecto adicional es aprovechar el sistema de comunicación para la utilización de la información de sensores de variables biológicas que permitiría a médicos y paramédicos, inferir posibles problemas de salud en los habitantes del hogar [14].

**3.4.5 Culturales.** Al generar parámetros culturales acordes con la expectativa que se quiere cumplir, al romper inercias, haciendo que las personas sean conscientes del uso racional de la energía, además de hacer un seguimiento de la adquisición de parámetros culturales.

### **3.5 IMPACTO DE LA CONCIENTIZACIÓN DEL CLIENTE EN EL MERCADO ENERGÉTICO**

Los productores de energía, incluyendo los organismos reguladores necesitan actuar, manteniendo las expectativas del usuario.

Los consumidores de energía eléctrica pueden hacerse cargo de su impacto energético, esto beneficia el mercado eléctrico, incluyendo el medio ambiente.

Los beneficios de una mayor concienciación de los clientes son los siguientes seis factores que se detallan a continuación.

**3.5.1 Mejora de la fiabilidad energética.** Los usuarios son cada vez más conscientes de que las facturas de energía eléctrica se ven afectadas directamente por su patrón de uso<sup>14</sup>.

Si los consumidores utilizan tarifas y tecnologías que les anime a mover su consumo de energía eléctrica a los períodos de baja demanda, esto va suavizar el

---

<sup>14</sup> *Smart Grid Consumer Survey - Preferences and Attitudes about Smart Meters, Home Energy Management, Demand Response Programs, and Smart Appliances*, [Online]. Disponible en: <http://www.pikeresearch.com> (2010)

perfil global de consumo y estabilizar el funcionamiento del sistema de distribución.

Estudios recientes muestran que el potencial de respuesta de la demanda alcanza el nivel de cinco a 16 por ciento de la demanda pico<sup>15</sup>.

Si se materializa este potencial, las compañías de energía eléctrica podrían reducir los gastos de capital necesarios para la generación de activos y aumentar la fiabilidad y la seguridad del sistema energético.

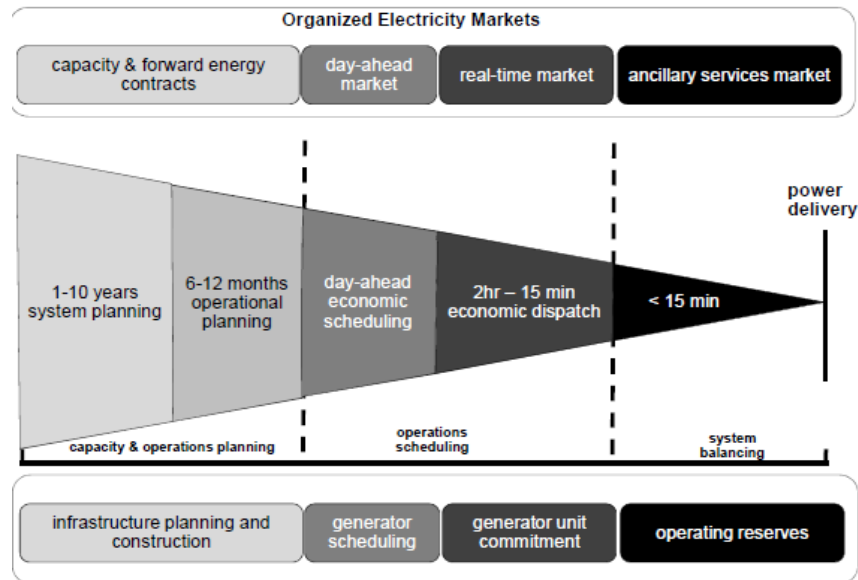
Los operadores del sistema de la energía eléctrica son los responsables del equilibrio del sistema, ejecutando diferentes tipos de programas de emergencia en tiempo real, permitiendo el uso de los recursos de energía distribuida y el potencial de reducción de consumo de energía eléctrica de los usuarios finales.

La Figura 5 muestra los diferentes programas que pueden ser lanzados considerando los diversos mercados de energía eléctrica: mercado de servicios del sistema, mercado equilibrado, mercado spot, mercado diario.

---

<sup>15</sup> VaasaETT, *The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison*, 2011

Figura 5. Papel de la respuesta a la demanda en Sistemas de Energía Eléctrica.



Fuente: Lubicki T., *The impact of distributed generation and prosumer concept on business models of energy companies, Conditions, trends and results of development of industry and services in Poland, Scientific Society for Organization and Management and University of Economics in Katowice and faculty of Organization and Management Silesian Technical University of Gliwice, 2011.*

**3.5.2 Estabilización de la demanda energética.** Los fuertes aumentos en los precios de la energía son evidentes incluso en los países fuera de la Unión Europea<sup>16</sup>. Especialmente en los países en desarrollo, los consumidores perciben la electricidad como una posición de costes importante, por lo que deben ser fácilmente motivados para reducir su consumo de energía.

**3.5.3 Cambio en el marco regulatorio.** Los responsables políticos están reconociendo la importancia de la conciencia en el consumo de energía y nuevas tecnologías en el sector eléctrico. El éxito de una política energética encaminada al empoderamiento del usuario, depende del comportamiento de los clientes y del apoyo por parte del gobierno a través de su plan de desarrollo. Por ejemplo, una mayor flexibilidad de la demanda eléctrica y su normativa, permite a los

<sup>16</sup> Potomac Economics Market Monitoring Unit, 2010 State of the Market Report New York ISO Electricity Markets, 2011.

proveedores que integren tecnologías ecológicas, como la solar, eólica y demás fuentes de energía distribuida en la red.

**3.5.4 Facilitar el progreso tecnológico.** En los últimos años, el sector energético ha experimentado con mayor intensidad un cambio tecnológico, haciendo que el usuario de la energía eléctrica sea participe y sea consciente de su consumo a partir de estrategias de empoderamiento. El desarrollo de las tecnologías para el almacenamiento de energía eléctrica y redes para el hogar o *Smart Home* es necesario para adaptarse a los cambios de la industria.

Un impulso tecnológico tendrá un impacto negativo en el precio de la energía a mediano plazo<sup>17</sup>, pero un impacto positivo a largo plazo para el consumidor, ya que será parte de esta iniciativa que lo empoderará de su consumo de energía eléctrica. Por otra parte, estos cambios aumentarán la competitividad de las empresas tecnológicas permitiendo al usuario tener opciones como comprar energía a la empresa que más le favorezca y trazar un plan de consumo de energía eléctrica de acuerdo al comportamiento de las tarifas.

**3.5.5 Desarrollo de la generación distribuida.** El aumento y volátil precio de los combustibles fósiles, junto con la presión regulatoria para implementar las fuentes de energía renovables, han hecho que los clientes combinen sus esfuerzos y evolucionen hacia “Prosumidores<sup>18</sup>”. Tener su propia unidad de generación les permite reducir su factura de energía y aumentar la seguridad de su suministro.

Para la Unión Europea, la posibilidad de integración a gran escala de las energías renovables es también un requisito previo para el cumplimiento de sus objetivos medioambientales.

---

<sup>17</sup> A.T. Kearney, *Smart Grid Ready Concept*, EEM2011 conference in Zagreb, 2011

<sup>18</sup> Prosumidores: Conocida como prosumer, es un acrónimo formado por la fusión de las palabras en inglés productor (productor) y *consumer* (consumidor). El comportamiento del prosumidor indica tendencias emergentes, dando a conocer sus prácticas asociadas a la sostenibilidad, [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Prosumidor>

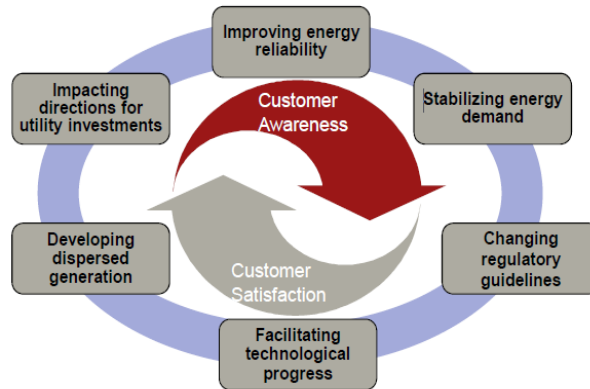
**3.5.6 Impacto para la inversión de las empresas distribuidoras de la energía eléctrica.** Las empresas distribuidoras de la energía eléctrica siguen las directrices reguladoras y de ingeniería en el desarrollo de los planes de inversión energética. Cada vez más, estas entidades tienen en cuenta las expectativas del cliente sobre crear empresas sostenibles y verdes. Ya no es una cuestión de si una empresa invierte en energías renovables, las redes inteligentes, o AMI, el reto ahora es llevar a cabo la opción más inteligente, mientras tanto, los consumidores de energía eléctrica de algunos países europeos aceptan que estas inversiones aumentan los precios de la energía y por lo tanto pueden ser difícilmente compensados por los niveles de consumo reducidos.

Una mayor conciencia del consumo de energía y la aplicación de tecnologías de apoyo tales como la automatización y el control de los aparatos electrónicos pueden reducir el consumo general de energía eléctrica, junto con la disponibilidad de tarifas flexibles, esto puede compensar parcialmente a los consumidores por el aumento de precios de la energía.

Cuando los minoristas de electricidad introducen nuevas características y servicios y cuando los consumidores tienen unidades de generación, tales como paneles solares y generadores eólicos, esto aumenta su importancia en la cadena de valor de la energía y la satisfacción de los clientes al participar en el mercado de la energía eléctrica.

La Figura 6 muestra la relación entre los beneficios de una mayor concienciación de los usuarios y la satisfacción de estos por medio de los seis factores anteriormente mencionados.

Figura 6. Factores que impactan en la concientización y la satisfacción del cliente.



Fuente: Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. *Customer Empowerment*. IEEE. 2012. p. 3-4. [15].

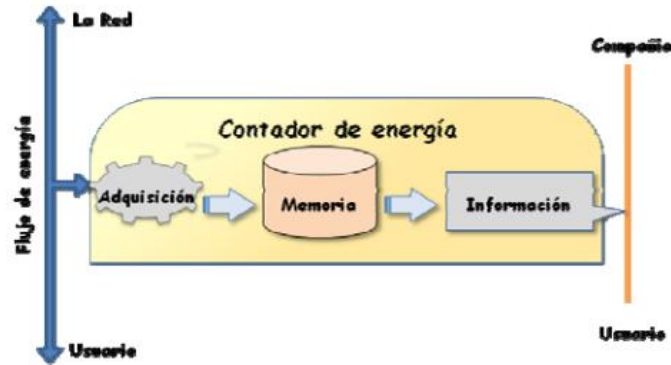
### 3.6 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Desde el punto de vista evolutivo, la forma de medir la energía eléctrica ha venido cambiando drásticamente. A continuación, se describe la evolución en dicho tema, mostrando los nuevos servicios obtenidos con los contadores modernos que permiten implementar aplicaciones en las medidas de otros parámetros energéticos no eléctricos, facilitando la automatización a usuarios y operadores.

**3.6.1 Medidor de la energía eléctrica.** Es el equipo para la medida de la energía eléctrica consumida, consta de tres elementos principales, como son el sistema de medida, el elemento de memoria y el dispositivo de información.

En este sentido, el medidor de energía eléctrica realiza la función de interfaz de la red con el usuario, lo cual se ilustra en la Figura 7, esto se conoce como el *Front-End* de la red.

Figura 7. Estructura genérica del contador de energía eléctrica.



Fuente: "Smart Metering" [En línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf> [16].

Los equipos de medida de energía eléctrica pueden clasificarse según sus características<sup>19</sup>:

- Tecnológicas, pudiendo ser contadores electromecánicos o electrónicos (contadores de estado sólido).
- Funcionales, como monofásicos o trifásicos.
- Energéticas, como medidores de energía activa y/o medidores de potencia reactiva.
- Operativas, como dispositivo de tipo registrador o programables que permiten la Telegestión.

Los equipos de tipo registrador pueden ser de las dos tecnologías:

- Electromecánicos, que permiten medir solamente un tipo de energía, kWh acumulados o kVAh acumulados, no tienen discriminación tarifaria siendo los contadores estándar electromecánicos de inducción.
- Electrónicos, *Automatic Meter Reading* (AMR), permiten medir solamente la energía eléctrica acumulada, registran la medida de energía total mensual o por intervalos de tiempo predefinidos. Contemplan comunicación bidireccional básica entre el medidor y el servidor de datos, permitiendo a partir de esta tecnología las

<sup>19</sup> R. Levy, "An Overview of Smart Grid Workshop, 2009, September 9.

medidas de tiempo de utilización, *Time of Use (ToU)*, la cual se explicará más adelante.

Los equipos programables de medida, son de tipo electrónico:

- *Advanced Meter Infrastructure (AMI)*, este tipo de equipos permiten la lectura del consumo “a la carta” de la energía acumulada o de la potencia instantánea, admiten opciones de precios diferenciados por tipo de medida y registros de la demanda, o programación de intervalos de carga previamente acordados con cada cliente. Permiten la comunicación en red con la oficina de gestión.
- *Smart Meters*, estos equipos permiten la gestión de información y el control de los parámetros de calidad y de programación del servicio junto con la actualización del software de medición de forma telemática. Contempla la comunicación ampliada en red con el gestor y *Home Area Network (HAN)*<sup>20</sup> con los equipos locales de consumo.

**3.6.2 Evolución del medidor electrónico de energía eléctrica.** Los primeros dispositivos de medida automáticos son del periodo pre-microprocesador y pre-internet, a continuación, se muestran y se referencian patentes:

- Equipo de lectura por detección de la posición angular en los indicadores para obtener un código binario del valor medio<sup>21</sup>.
- Equipo electrónico, mide tensión y corriente a partir del valor medio de las señales rectificadas con un convertidor tensión-frecuencia y un contador, permiten la visualización<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> *Home Area Network (HAN)*: es un tipo de red de área local (LAN) que se desarrolla a partir de la necesidad de facilitar la comunicación y la interoperabilidad entre los dispositivos digitales presentes en el interior o en las inmediaciones de una casa. [18]

<sup>21</sup> D. Martell, “Decoder Circuits for Shaft Encoder Apparatus”, U.S. Patent 3750156, July 7 1973.

<sup>22</sup> L. Laurence, “Energy monitoring device”, U.S. Patent 4080568, March 21 1978.

- Dispositivo que permite las comunicaciones mediante llamada telefónica a la central, transmite el código del medidor y el valor de medida<sup>23</sup>.

En la década de los 70, el desarrollo de los AMR estaba limitado por el desarrollo de la microelectrónica y las comunicaciones y se resume así:

En 1978 la empresa Metretek, Inc., desarrolló un diseño pre-internet y produjo el primer AMR, el cual permitía la tele lectura del contador mediante un sistema de gestión que utilizó un miniordenador de IBM.

Los primeros AMR fueron dispositivos de medida (contadores clásicos) que incorporan un *MicroController Unit (MCU)*, que permite automatizar el sistema y la comunicación con el sistema central, transmitiendo la lectura del equipo.

En la década de los 90 ya comienzan a ser completamente electrónicos los medidores de energía. Con este dispositivo se le mejoro la fiabilidad a los datos obtenidos, dado que se pudo obtener medidas reales en lugar de valores estimados.

La lógica de operación de estos medidores es enviar la información hasta el *Data Management (DM)* como parte de la infraestructura de medida, recopilación y gestión de datos, donde es necesario un nuevo medidor de energía tipo AMI. Con este tipo de contador, las lecturas se muestran a los usuarios en tiempo real para sugerirles optimizar su consumo en función de las tarifas o de su conciencia ambiental [17].

La “Inteligencia” del medidor es condensada en tres funciones básicas:

- Medición de la energía eléctrica consumida o generada.

---

<sup>23</sup> G. Theodoros, “Apparatus and method for remote sensor monitoring, metering and control”, U.S. Patent 4241237, Dec 12 1980] [G. Theodoros, “Apparatus and method for remote sensor monitoring, metering and control”, U.S. Patent 4455453, Jun. 6 1984.

- Conexión y desconexión de cargas remotamente.
- Establecimiento de límites de consumo de la energía eléctrica por parte del usuario y el operador de red.

El medidor de energía eléctrica se comunica por medio de un modem. Una importante característica es la infraestructura usada para la comunicación del medidor inteligente. Entre las opciones están, PLC (*Power Line Carrier*)<sup>24</sup> que hace uso de las redes de electricidad existentes, Un módem inalámbrico GSM<sup>25</sup> o GPRS<sup>26</sup> que debe tener una conexión permanente a internet (ADSL<sup>27</sup>). Una interfaz, conecta al medidor inteligente con *Displays* y otros accesorios del hogar. Estos accesorios pueden ser controlados directamente y los displays pueden ser usados para mostrar datos históricos y costos de energía consumida.

Tecnológicamente, estos no son obstáculos para la introducción de medidores inteligentes, en el caso de Italia, cerca de 30 millones de medidores inteligentes han sido instalados en clientes residenciales y numerosos proyectos en otros países han demostrado que la tecnología (*Smart meter*, infraestructura, procesamiento de datos) está lista y puede ser implementada a gran escala. La medición inteligente se refiere a menudo al medidor de lectura automatizada (AMR), o en el caso de comunicación en tiempo real y bidireccional, es la infraestructura de medición avanzada (AMI).

Por otra parte, una infraestructura de medición avanzada ofrece algo más que lectura y control con los *Smart Meters* (medidor inteligente). Puede ser vista como una puerta de enlace dedicada a los clientes, ofreciendo servicios adicionales relacionados con la energía eléctrica. Se puede utilizar tanto para la respuesta de

---

<sup>24</sup> PLC (*Power Line Carrier*): Hace referencia a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de transmisión de energía eléctrica convencionales para transmitir señales con propósitos de comunicación.

<sup>25</sup> GSM (*Global System for Mobile communications*): Es un sistema estándar de telefonía móvil digital. Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador.

<sup>26</sup> GPRS (*General Packet Radio Service*): Es una extensión del GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

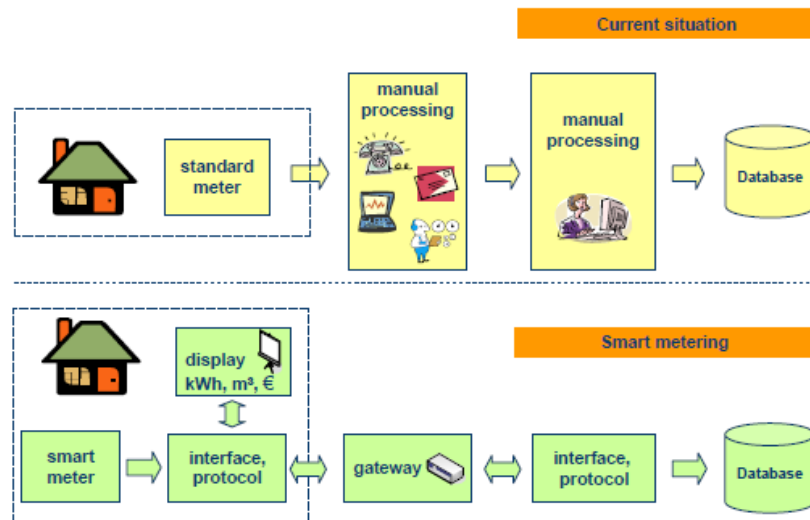
<sup>27</sup> ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*): Consiste en la transmisión analógica de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre que lleva la línea telefónica convencional (Red Telefónica Conmutada).

la demanda (estimular al cliente para cambiar su comportamiento energético) y gestión de la demanda (control directo de los aparatos electro-domésticos tales como la lavadora, el aire acondicionado, etc).

El futuro de la medición inteligente dependerá en gran medida de la política energética y la decisión de los órganos de control gubernamentales. El ahorro de energía y una mayor seguridad de prestación del servicio serán los principales impulsores para creer en la medición inteligente como un medio para alcanzar la sostenibilidad y la eficiencia energética [19].

En la siguiente figura se muestra una comparación entre la medición actual y la medición inteligente (*Smart Metering*).

Figura 8. Diagrama de medición corriente e Inteligente.



Fuente: Gerwen, R. *Smart Metering*. LPQI. 2006. p. 9. [20].

Los medidores inteligentes tienen las siguientes características y funciones:

- Comunicación bidireccional.
- Recopilación de datos.
- Registro de datos.

- Almacenamiento de datos.
- Control de carga.
- Programación.
- Seguridad de la información.
- Visualización de los datos.
- Facturación fiable [21].

A continuación, se muestra en la Tabla 1 la comparación entre los actuales medidores de la energía eléctrica (electromecánicos) y los *Smart Meter*. Adicionalmente, en la Figura 9 se presenta la arquitectura de medición de un medidor de energía convencional y la de un *Smart Meter*.

Por otra parte, en la Tabla 2 se evidencian las diferencias entre las tecnologías de medición analógica, AMR y AMI.

Tabla 1. Comparación entre Medidores de energía analógicos y Smart Meters.

RED ACTUAL	MEDICIÓN INTELIGENTE
Electromecánica	Digital
Comunicación unidireccional	Comunicación bidireccional
Generación centralizada	Generación distribuida
Pocos sensores	Sensores a lo largo
Monitorización manual	Monitorización automatizada
Restauración manual	Reparación automática
Fallos y apagones	Adaptativo y aislado
Control limitado	Control permanente
Pocas opciones para el cliente	Muchas opciones para el cliente

Fuente: Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. *Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 2. [22].*

Tabla 2. Comparación entre tecnologías de medición analógica, AMI Y AMR.

	Analógica.	Tecnología AMR.	Tecnología AMI.
1 Tipo de medidor.	Electromecánico.	Híbrido.	Digital.
2 Recolección de datos.	Mensual y manual.	Mensual.	Remota por red de comunicación de forma diaria y muy frecuente.
3 Registro de datos.	Consumo total.		Por período de tiempo (Horario o menor).
4 Interfaces principales.	Sistema de información consumidor y facturación.		Gestión de fallas, despliegue de consumidor, respuesta de demanda y respuesta a emergencias.
5 Otros dispositivos involucrados.	No.		Información al usuario por la WEB, HEDs (Home Energy Displays), HAN (Home Área Network).
6 Facturación.	Solo consumo total.		Consumo total, por periodos de tiempo, demanda pico, consumos proyectados por periodos.
7 Respuesta de la demanda.	No.		Control de carga, reducción del pico de carga.
8 Fallas.	Llamadas al call center.		Detección automática, detección de la calidad del servicio, verificación remota de la restauración del servicio, respuesta automática y verificación en línea.
9 Tarifas.	Por consumo a final de mes.		Opciones según regulación por ejemplo tarifa plena o precios dinámicos.

Fuente: R. Céspedes, "Desarrollo de Smart Grids en Colombia". II Taller de fundamentos de Smart Grids en Sistemas Eléctricos. Bogotá D.C Colombia, julio de 2011. [23].

**3.6.3 Medidor inteligente necesario para el empoderamiento.** Las características del medidor tipo AMI son las favorables para implementar la iniciativa denominada "EMPODERAMIENTO" del usuario. Este medidor tiene las siguientes características:

- Control del consumo de energía eléctrica mediante un ICP "Intelligent Control Programable", que establece un límite de consumo.
- Un puerto HAN (Home Area Network).
- Servicios de tarificación bajo demanda.

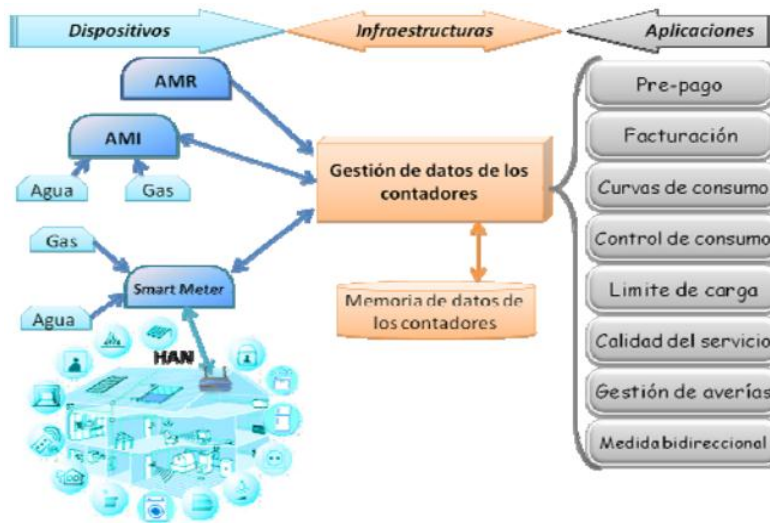
De manera que el medidor mantiene los tres elementos principales como lo son, el sistema de medida, la memoria y el dispositivo de información principal, que es el sistema de comunicaciones.

Estos tienen la opción de ampliar sus capacidades operativas añadiéndoles elementos complementarios:

- Sistemas de alimentación.
- Procesador de cálculo.
- Procesador de comunicaciones.
- Dispositivo de accionamiento o control.

La siguiente figura muestra la evolución tecnológica *Smart Meter* que básicamente es una AMI que incluye como mínimo los siguientes suplementos, control de energía mediante un ICP programable que establece el límite de consumo, un puerto HAN y servicios de tarificación bajo demanda.

Figura 9. Estructura general del sistema de Telemedida.



Fuente: "Estructura general del sistema de Telemedida" [En línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf> [24].





**3.6.4 Beneficios de los medidores Inteligentes.** Los beneficios por la instalación de contadores inteligentes son numerosos para muchos actores en diferentes aspectos del sistema de red inteligente.

Para el usuario:

- El cliente podrá comunicarse con el centro de control de distribución para modificar el límite de potencia remotamente y su tarifa vigente.
- Se podrá hacer un análisis remoto del estado de la instalación.
- La realización de parámetros eléctricos y verificación de posibles problemas técnicos.
- La visualización de los datos del cliente acerca de su hábito de consumo de electricidad.
- Se le garantiza al cliente una facturación menos incierta y oportuna.
- Se pueden realizar sugerencias a los usuarios para utilizar mejor sus equipos eléctricos durante las horas pico.
- Se facilita al cliente cambiar / retrasar el uso de equipos de mayor consumo de energía eléctrica.
- Se tiene la opción de esquemas de facturación con precios de la energía eléctrica variables en el tiempo (tarifa diferencial).

La Figura 10 resume los beneficios de un sistema de medición inteligente para los usuarios del servicio de energía eléctrica.

Figura 10. Beneficios para el consumidor de la energía eléctrica.

Consumption reduction		Increased energy consumption awareness may cause changes in behavior, purchase of more efficient equipment or improvement of home thermal insulation Automation and control may also reduce energy consumption, without the change in customer behavior (e.g. by automatic switching off the lights or heaters)
Lower energy cost		Switching the devices, dependent on different tariffs, may reduce the average price of consumed energy Similar logic may apply to energy generating devices (micro-cogeneration, solar panels, etc.)
Increased comfort		Automatic switching off devices (lighting, heating, household appliances) provides additional comfort of living to the customers A certain segment of customers will attach more importance to and be more interested in the purchase of more „intelligent” devices (following the trends)
Contribution to „green” society		The ability to control and reduce energy consumption makes people believe that they can have their own contribution to „green” society

Fuente: Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. *Customer Empowerment. IEEE. 2012. p. 4. [25].*

Para las empresas distribuidoras de energía eléctrica (operador de red):

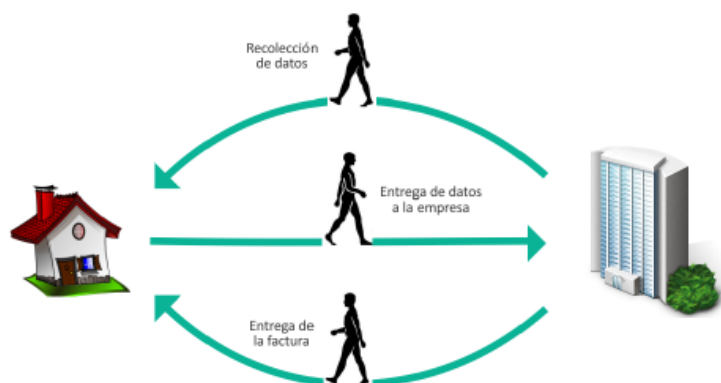
- La empresa de distribución de energía eléctrica puede modificar de forma remota la potencia contratada, controlando el límite de potencia del transformador para la línea de transmisión.
- Con el historial de la curva de carga se podrá realizar un análisis predictivo del consumo.
- En caso de falta de pago se puede interrumpir el suministro de energía eléctrica de forma remota.
- Los medidores proporcionan información de los principales parámetros eléctricos, de esta manera se pueden gestionar los problemas técnicos que se presentan.
- Se podrá hacer un análisis del uso de la potencia no activa para mejorar las redes. [26]
- Ahorro de dinero mediante la mejora de la lectura remota y el sistema de facturación.
- Nuevo modelo de tarifas en el mercado de la electricidad.
- La empresa tiene la capacidad de darle un mejor manejo a la red en las horas pico.

Para el Gobierno:

- Estimula la economía mediante la inversión en las redes de medición inteligente.
- Se mejora la condición del medio ambiente, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Se promueve la reducción del consumo de energía eléctrica mediante el aumento del conocimiento de los patrones de consumo de los usuarios.
- Ayuda a una previsión de carga de la red eléctrica con el fin de prevenir apagones [27].

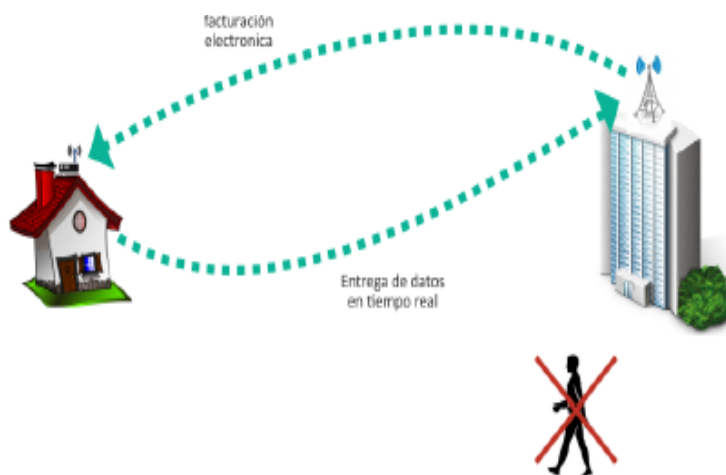
En las Figuras 11 y 12 mostradas a continuación se ilustra la diferencia entre la medición tradicional y la medición Inteligente, lo cual implica la exclusión de la persona encargada de la recolección de datos del consumo de la energía eléctrica; esto a su vez generaría un impacto social pues sería necesario reubicar a este personal en otras actividades.

Figura 11. Proceso de facturación y toma de datos actual de energía eléctrica en usuarios regulados.



Fuente: Correa Sandoval, D; Becerra Muñoz, B; Araque Villamizar, P. *Smart Metering: Estado del arte de aplicaciones al sector eléctrico*. UIS. 2013. [28].

Figura 12. Proceso de medición, facturación y toma de datos a través de medición inteligente.



Fuente: Correa Sandoval, D; Becerra Muñoz, B; Araque Villamizar, P. *Smart Metering: Estado del arte de aplicaciones al sector eléctrico*. UIS. 2013. p. 41. [29].

### 3.7 GESTIÓN DE LA DEMANDA

La implementación de soluciones para la gestión de la demanda requiere una infraestructura extendida que incluye, pero no se limita a la infraestructura de medición inteligente.

El medidor inteligente mide el consumo y la generación de la energía eléctrica y produce flujos de información separados que están destinados para diferentes propósitos. Un sistema de gestión de la energía del consumidor controla la demanda y la generación de energía eléctrica con el fin de lograr beneficios económicos dentro de los límites que permite la red de suministro de energía. De esta manera, el consumidor sabe que los datos se transfieren para efectos de la facturación y la gestión de red. El consumidor controla el uso de los datos con fines de gestión de energía económica.

Según Fenercom “Fundación de la Energía comunidad de Madrid”, define la gestión de la demanda como el conjunto de medidas que persiguen influir en el consumidor para que modifique su patrón de demanda, cuánto y cuándo consume, con el fin de lograr, no sólo un ahorro neto de energía, sino también un uso más eficiente de la misma, esto con el fin de tener un sistema energético más flexible y sostenible<sup>28</sup>.

Los siguientes términos están relacionados con el tema de “Gestión de la Demanda” y hacen referencia a acciones de la demanda frente al consumo de energía eléctrica.

- ***Demand Side Bidding (DSB)***: Parte de la gestión de la demanda relacionada con la oferta de consumos negativos en un mercado que permita hacerlo.

---

<sup>28</sup> Elías Castells, Xavier; Bordas Alsina, Santiago. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2011.

- **Demand Side Integration: (DSI):** Se refiere a la relación entre el sistema de energía eléctrica, el suministro de energía y la carga de los usuarios finales [30].

Las redes inteligentes "Smart Grid" configuran un factor esencial para lograr el empoderamiento del usuario final de la energía eléctrica. Su interacción con la red es necesaria para lograr y mantener la expectativa y los resultados encaminados al máximo beneficio.

La Figura 13, es una captura de pantalla del cuadro de mando EnerNOC<sup>29</sup> respuesta a la demanda, lo que proporciona a los participantes un fácil acceso a su plan de reducción de energía y una visión en tiempo real de su rendimiento.

Figura 13. Respuesta a la demanda EnerNOC.



Fuente: “Respuesta a la demanda EnerNOC” [En línea]. Disponible en: [http://images.getmore.energoc.com/Web/EnerNOCInc/%7B93d14c5f-2eff-43ec-afca-9be3d9b85347%7D\\_eBook\\_DR\\_Deconstructed\\_IEUK.pdf](http://images.getmore.energoc.com/Web/EnerNOCInc/%7B93d14c5f-2eff-43ec-afca-9be3d9b85347%7D_eBook_DR_Deconstructed_IEUK.pdf) [31].

### 3.8 CLASIFICACIÓN DE IDEAS Y ESTRATEGIAS PROPUESTAS EN MADRID-ESPAÑA PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA

España clasifica la gestión de la demanda en cinco niveles, de los cuales se relacionan con el tema de empoderamiento, los siguientes:

**3.8.1 Programas de ahorro y eficiencia energética.** En este nivel, clasifican la mayoría de programas que se enfocan en la eficiencia de los equipos eléctricos,

<sup>29</sup> EnerNOC: Mayor proveedor de software y servicios de inteligencia de energía con base en Boston EE.UU.

esta es una iniciativa que apunta indirectamente sobre la reducción de la demanda con efectos a largo plazo.

**3.8.2 Programas de control indirecto de cargas eléctricas mediante tarificación.** Consiste en alertar al cliente mediante alarmas que le informen sobre un cambio en el precio del kWh. La eficacia de esta medida depende de la sensibilidad que tengan ellos a los precios altos por kWh.

Algunas de las modalidades en este tipo de iniciativas se describen a continuación:

3.8.2.1 Tarifas de periodos de utilización "*Time of Use tariff - TOU*". Este tipo de tarifas definen bloques de horas con diferentes precios que reflejan los costes medios durante esos periodos definidos.

Un ejemplo aplicado en Madrid es el de tarifa nocturna para pequeños consumidores, regulada actualmente por el Real Decreto 809/2006, de 30 de junio, la cual tiene un valor de 0,040725 €/kWh y en el día de 0,089807 €/kWh, notándose una reducción tarifaria en la noche [32].

3.8.2.2 Precios de momento crítico "*Critical Peak Pricing - CPP*". Son precios que se asignan a horas en que los costes de producción y los precios del mercado son muy altos, debido a una gran demanda o una falta de producción. Su intención es reducir el pico de consumo por medio de la súper imposición de una tarifa eléctrica muy alta a las tarifas eléctricas fijas de único periodo o, a las anteriores mencionadas, TOUs. El consumidor tiene noticia de estos precios con relativamente poca antelación a los periodos en los que se aplican.

3.8.2.3 Precios en tiempo real "*Real time Pricing – RTP*". Con estas tarifas, el precio de electricidad refleja el precio establecido en el mercado, normalmente en

periodos horarios determinados según el mercado diario o el intradiario. Este último sistema evita las incertidumbres a la empresa comercializadora y se las pasa íntegramente al consumidor final, quien tiene que preocuparse de seguir los precios de mercado y afrontar los gastos de participar en él. Consiste en incentivar económicamente al usuario cuando reducen su consumo durante los periodos de tarificación de punta crítica (demanda máxima) [32].

### **3.9 BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA**

Entre los beneficios directos de la gestión de la demanda se tiene:

- Un evidente menor costo en el consumo energético, debido al menor uso de la energía cuando los precios son altos, o por utilización de energía eléctrica en horas de menor precio.
- Una disminución del riesgo de sufrir cortes en el suministro “Apagones”.

Entre los beneficios indirectos de la gestión de la demanda se tiene:

- Incremento de la eficiencia del mercado, que está basada en una mejora de la utilización de los recursos.
- La reducción de la volatilidad de los precios de mercado, lo que implica una reducción del riesgo de gestión y también una disminución en el precio de la energía eléctrica para el consumidor final.
- Se espera que mejore la seguridad del sistema eléctrico, aumentando la competencia en el mercado de generación y, en consecuencia, también la eficiencia energética.

## 4. ESTRATEGIA DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para poder proponer las estrategias de empoderamiento, se necesita revisar el marco legal; Para esto se requiere partir de la base de un plan de desarrollo creado por el gobierno nacional, el cual, generalmente propone una serie de programas que a su vez están compuestos por diversos proyectos, cada uno con una política diferente, esto configura la estrategia de las 5p.

### 4.1 PROPÓSITO DE LA ESTRATEGIA DE LAS 5P (PLANES, POLÍTICAS, PROGRAMAS, PROYECTOS, PROPÓSITOS)

Es una estrategia útil para identificar mejor los proyectos y saber de dónde provienen, por lo tanto, todo plan de desarrollo contiene una política, un programa, un proyecto y unos propósitos, es decir tenemos dentro de este enunciado las “5P” que son básicas para el éxito de una gestión administrativa.

**4.1.1 Planes.** Son la expresión de objetivos y de recursos, estrategias y actividades para lograrlos.

**4.1.2 Políticas.** Son condiciones generales que se enuncian para alcanzar los propósitos y por lo tanto deben tenerse en cuenta en la ejecución.

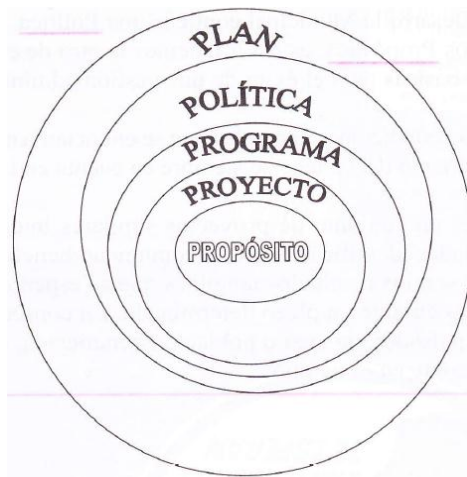
**4.1.3 Programas.** Es un conjunto de proyectos similares integrantes de un núcleo de necesidades identificadas por la comunidad beneficiada.

**4.1.4 Proyectos.** Son agrupación de actividades enmarcadas en un plan o en un programa, con directivas bien definidas sobre financiación y tiempo.

**4.1.5 Propósitos.** Son los resultados tangibles que se esperan con la realización del proyecto durante un plazo determinado. En consecuencia, debe tener un verbo impulsador, un área o población beneficiada, una medida o atributo y un horizonte en el tiempo<sup>30</sup>.

Lo anterior, se ilustra en la Figura 14, en donde se evidencia claramente el orden en que se debe abordar cada una de ellos para una buena planeación de determinados objetivos.

Figura 14. El sistema 5P.



*Fuente: Libro “LOS PROYECTOS: La razón del presente” Autor: Jorge Eliecer Prieto – ECOE ediciones.*

---

<sup>30</sup> Libro “LOS PROYECTOS: La razón del presente” Autor: Jorge Eliecer Prieto – ECOE ediciones.

## 5. MARCO LEGAL COLOMBIANO

En Colombia en cuanto a las estrategias de empoderamiento se puede considerar un importante hito que marca un primer paso hacia la eficiencia energética, la creación de la constitución política de Colombia del 4 de julio de 1991, desde entonces en el país se admitió, como principio clave para el logro de la eficiencia en los servicios públicos, la competencia para hacer posible la libre entrada de cualquier agente interesado en prestar los servicios. En el artículo 80 de esta constitución, se establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

En diciembre de 1992, el Gobierno Nacional reestructuró el Ministerio de Minas y Energía, disolvió la Comisión Nacional de Energía y creó tres unidades administrativas especiales: La Comisión de Regulación de Energía (CRE), convertida en 1994 en la actual Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Unidad de Información Minero Energética (UIME) y la Comisión de Planeación Minero Energética (UPME).

Los servicios públicos domiciliarios ostentan el carácter de esenciales como lo expresa la Ley 142 de 1994 en su Art. 4, cuando es imprescindible para la vida humana, para la dignidad de las personas, por lo tanto, su no prestación quebrantaría derechos fundamentales tan vitales como la vida en condiciones dignas, la integridad personal y la salud, deteriorando su calidad de vida.

Luego de la creación de las leyes 142 y 143 del 11 de julio de 1994, se ha presentado un importante avance, permitiendo marcar un derrotero con reglas claras que han servido para el desarrollo de los sectores de energía eléctrica y gas

combustible. Muestra de ello es el gran avance en la cobertura y calidad de estos servicios [33].

A continuación, se muestra un resumen de dichas leyes y la evolución del marco legal colombiano en materia de energía eléctrica y su uso racional y eficiente.

### **5.1 LEY 142 DE 1994**

Esta ley también es conocida como la ley de los servicios públicos domiciliarios. Dentro de los principales aportes de esta ley están:

- La desmonopolización en la prestación de los servicios públicos domiciliarios (art. 15). De esta forma la labor del Estado es velar porque estos servicios sean ofrecidos de una manera eficiente y acorde con el marco legal que este establece.
- Consagró un régimen de Derecho Privado para la constitución, actos y contratos de las empresas de servicios públicos domiciliarios (art. 32).
- Particularmente para el caso de la transmisión de energía eléctrica, el art. 169 establece que las empresas propietarias de elementos de la red nacional de interconexión deberán utilizar esos bienes de acuerdo al Reglamento de Operación y los acuerdos adoptados por el Consejo Nacional de Operación.
- Estas mismas empresas tienen el deber de facilitar la conexión entre las diferentes empresas eléctricas, de las empresas generadoras, y de los usuarios que lo soliciten, una vez cumplido con los requisitos legales y con derecho a percibir el pago de las retribuciones correspondientes [34].

## **5.2 LEY 143, JULIO 11 DE 1994**

Junto con la ley 142, aparece la ley 143, la cual ya se centra específicamente en el área de energía eléctrica y establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, así como también implanta el régimen de las actividades del sector eléctrico colombiano y sus principales características son:

- En el Artículo 2°, se definen los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente, y sostenible de los recursos energéticos del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios.
- En el artículo 4°, se establece como función del Estado asegurar el uso racional de la energía, la eficiencia y transparencia en la prestación del servicio, manteniendo siempre un nivel de calidad y seguridad.
- El artículo 6° de esta Ley determina que los principios de eficacia, adaptabilidad, neutralidad, solidaridad y equidad regirán el servicio de la energía eléctrica.
- En el artículo 12° se establece la planeación de la expansión del sistema en el corto y largo plazo, de tal forma que los planes para la atención de demanda sean lo suficientemente flexibles para que se adapten a los cambios que determinen las condiciones técnicas, económicas, financieras y ambientales, cumplan con los requisitos de calidad confiabilidad y seguridad establecidos, y sean técnica, financiera y ambientalmente viables.

**Artículo 16°** Se establecen las funciones de la UPME:

- Literal (c), elaborar y actualizar el Plan Energético Nacional y, el Plan de Expansión del sector eléctrico en concordancia con el Proyecto del Plan Nacional de Desarrollo.
- Literal (f), realizar diagnósticos que permitan la formulación de planes y programas del sector energético.
- Literal (j), establecer prioritariamente un programa de ahorro y optimización de energía.

**Artículo 46°** La CREG tiene en cuenta los siguientes componentes en la estructura de tarifas:

- Una tarifa por unidad de consumo de energía.
- Una tarifa por unidad de potencia, utilizada en las horas de máxima demanda.
- Un cargo fijo que refleje los costos económicos involucrados en garantizar la disponibilidad del servicio para el usuario, independientemente del nivel de consumo.
- Un cargo de conexión que cubrirá los costos de la conexión cada vez que el usuario se conecte al servicio de electricidad.

**Artículo 66°** El ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico.

**Artículo 67°** Creación de la División de Ahorro, conservación y uso eficiente de la energía, a cargo de la INEA “Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas. Sus funciones son:

- Establecer metas de ahorro, conservación y uso eficiente de energía, que sean realizables económicamente.

- Promover la formulación y ejecución de programas que propendan por el uso Eficiente de la energía.
- Recomendar como parte del Plan Energético Nacional, un programa de ahorro, conservación y uso eficiente de la energía.
- Evaluar periódicamente el desarrollo de los programas que se emprendan tanto a nivel nacional como por las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras.
- Adoptar normas técnicas para la fabricación de equipos consumidores de energía y para la construcción de inmuebles, que propendan por el ahorro, conservación y uso eficiente de la energía.
- Establecer y fomentar los programas de ahorro, conservación y uso eficiente de la energía.
- Dirigir y coordinar las campañas educativas relacionadas con su objetivo.
- Ejercer el control y seguimiento de los programas relacionados con su objetivo.
- Definir los mecanismos e incentivos para cumplir con los programas de ahorro, conservación y uso eficiente de la energía.
- Promover programas de recuperación y restitución de redes, tendientes a minimizar las pérdidas técnicas en transmisión y distribución [35].

### **5.3 LEY 697 OCTUBRE 3 DE 2001**

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía (URE), establece el marco jurídico general para el desarrollo de todas las normas posteriores de eficiencia energética en Colombia.

Esta ley creó el programa de Uso Racional y Eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), el cual fue reglamentado por el decreto 3683 de 2003 que tiene como objetivo “aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética esté cumpliendo permanentemente con los

niveles mínimos de eficiencia energética”. Los aspectos más relevantes de esta ley son:

- En el Artículo 2°, se define la obligación del estado de establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera para el desarrollo de proyectos concretos URE a corto, mediano y largo plazo.
- En el Artículo 3°, se delega como entidad responsable al Ministerio de Minas y Energía (Minminas) el cual debe promover, organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de URE.
- En el Artículo 5°, es sobre la creación del programa de uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales “PROURE” dirigido por el Minminas, que tiene como fin, cumplir con los mínimos niveles de eficiencia energética mediante programas [36].

#### **5.4 DECRETO 2331 DE 2007**

Este decreto tiene por objeto, la utilización o sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia. Las edificaciones en construcción, deben cumplir con estos requisitos y las ya construidas, tenían plazo hasta el 31 de diciembre del 2007. El Ministerio de Minas y Energía, se encargará de la monitorización, seguimiento y control de esta medida [37].

### **5.5 DECRETO 3450 DE 2008 “MEDIDAS TENDIENTES AL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.”**

Invita a todos los usuarios del servicio de energía eléctrica a sustituir las fuentes de iluminación ineficientes por otras más eficientes, prohíbe la comercialización en el territorio nacional de dichas fuentes ineficientes y encarga al Ministerio de Minas y Energía la disposición final de estas fuentes de iluminación [38].

### **5.6 RESOLUCIÓN 180919 DE 2010 (PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DEL PROURE)**

Mediante esta resolución el Ministerio de Minas y Energía adopta el plan de acción Indicativo 2010 – 2015 para desarrollar el PROURE, este plan de acción tiene como objetivo general el contenido en la Ley 697 de 2001, es decir, contribuir a garantizar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía, la protección al consumidor y la promoción del uso de fuentes no convencionales de energía [39].

### **5.7 LEY 1450 de 2011**

Este es el plan nacional de desarrollo 2010-2014, en el que se hace mención a la eficiencia energética, pero desde el punto de vista del uso de energías renovables.

**Artículo 3° “Propósitos del estado y el pueblo colombiano”** Una sociedad para la cual la sostenibilidad ambiental, la adaptación al cambio climático, el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones y el desarrollo cultural sean una prioridad y una práctica como elemento esencial del bienestar y como principio de equidad con las futuras generaciones.

**Artículo 57° “Condiciones eficientes para el uso de Infraestructura eléctrica para la provisión de servicios de Telecomunicaciones.”** La Comisión de Regulación de Comunicaciones deberá coordinar con la CREG la definición de las condiciones en las cuales podrá ser utilizada y/o remunerada la infraestructura y/o redes eléctricas, en la prestación de servicios de telecomunicaciones, bajo un esquema de costos eficientes.

**Artículo 105° "Energías Renovables"** El gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en las energías solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, undimotriz<sup>31</sup> y demás alternativas ambientalmente sostenibles, así como una política nacional orientada a valorar el impacto del carbono en los diferentes sectores y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en nuestro país [40].

## **5.8 RESOLUCIÓN 065 DEL 25 DE JUNIO DE 2012**

Esta resolución establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables en el sistema interconectado nacional, entre las cuales, específicamente en dos puntos aborda el tema de medidores y sus requerimientos para garantizar una gestión eficiente de la energía.

**Anexo 3.1.1 “Características de los equipos de medida”** El medidor debe contar con un sistema de almacenamiento de información que le permita conservar los valores medidos ante fallas en el sistema de comunicación.

---

<sup>31</sup> Undimotriz: Es uno de los tipos de energías renovables que consiste en la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas. Presenta enormes ventajas frente a otras energías renovables debido a que en ella se presenta una mayor facilidad para predecir condiciones óptimas que permitan la mayor eficiencia en sus procesos [41].

- También debe contar con un sistema de procesamiento de datos capaz de realizar descargas de forma remota y automática de las mediciones realizadas [42].

## **5.9 LEY 1665 DEL 16 DE JULIO DE 2013**

“Por medio de la cual se aprueba el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)”, hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009”.

Las partes de esta ley, tienen como fin promover la implementación y el uso generalizado y reforzado de las energías renovables con objeto de lograr un desarrollo sostenible, inspiradas en que las energías renovables ofrecen oportunidades incalculables para abordar y mitigar de forma gradual los problemas derivados de la seguridad energética y la inestabilidad de los precios de la energía.

El papel crucial que las energías renovables pueden desempeñar en la reducción de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, contribuiría a la estabilización de los sistemas climáticos, y en la transición sostenible, segura y sin sobresaltos hacia una economía baja en carbono.

Con esta ley se pretende impulsar el efecto positivo que las tecnologías de las energías renovables pueden producir para estimular el crecimiento económico sostenible y la creación de empleo, movidas por el enorme potencial que las energías renovables ofrecen para el acceso descentralizado a la energía, sobre todo en los países en desarrollo, y para el acceso a la energía en regiones remotas, preocupadas por las graves consecuencias negativas que el empleo de combustibles fósiles y el uso ineficiente de la biomasa tradicional pueden acarrear para la salud.

Las energías renovables, combinadas con una mayor eficiencia energética, pueden absorber cada vez más el gran incremento mundial de las necesidades energéticas previsto para los próximos decenios, se desea establecer una organización internacional para las energías renovables que facilite la cooperación entre sus miembros, abriendo camino a una estrecha colaboración con las organizaciones existentes que promueven el uso de las energías renovables [43].

#### **5.10 LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DE 2014**

“Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional”

Tiene como objetivo, promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, especialmente las de carácter renovable en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en la Zonas no Interconectadas (ZNI) y en otros usos energéticos, para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

**Artículo 2° “Finalidad de la ley”** Tiene como finalidad establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del uso de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE), fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías que favorezcan la eficiencia energética y la respuesta de la demanda.

También son finalidades:

- Orientar políticas públicas y definir instrumentos tributarios, arancelarios y contables para favorecer lo tratado en el párrafo anterior.
- Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales.

- Establecer mecanismos de cooperación en el sector público y privado para el desarrollo de FNCE
- Establecer el deber del estado en la penetración de FNCE.
- Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo de FNCE, a través de incentivos tributarios.
- Establecer criterios y principios que fortalezcan el marco jurídico actual en el tema de FNCE.

**Artículo 3° “Ámbito de aplicación”.** Agentes públicos y privados que intervienen en la definición de políticas de aprovechamiento de FNCE.

**Artículo 4°** Reafirma la necesidad de desarrollar el PROURE a través de:

- Planes de acción indicativos.
- Reglamentaciones técnicas.
- Sistemas de información y etiquetado al consumidor.

**Artículo 10° “Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía” (FENOGE):** Creación del fondo para financiar programas de FNCE y gestión eficiente de la energía.

Sobre los planes, indica que “Responderá a una estructura sectorial que permita fijar objetivos específicos para los diferentes sectores o consumidores finales y contendrá una relación de medidas e instrumentos para su ejecución en cada uno de los sectores identificados”; y promete que “para el desarrollo del PROURE se dotará adecuadamente de los medios financieros necesarios para la consecución de los objetivos aprobados.

Por último, ordena que “para el adecuado seguimiento y evaluación del cumplimiento de los objetivos”, se realizará, cada cuatro años, una evaluación de los planes y programas de ahorro para la gestión eficiente de la energía [44].

## 5.11 RESOLUCIÓN 549 DEL 10 DE JULIO DE 2015

Esta resolución fue creada por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio y tiene por objetivo, establecer los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía por alcanzar en las nuevas edificaciones y adoptar la guía de construcción sostenible para el ahorro de dichos recursos.

Estos porcentajes de ahorro tienen en cuenta la zonificación climática y se determinan en las tablas 3 y 4. Dichas tablas se muestran con las metas de ahorro en los 2 primeros años [45].

Tabla 3. Porcentajes de ahorro Año 1.

Energía	Año 1			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	15	15	15
Hospitales	15	15	15	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda NO VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, "Resolución 549 de julio DE 2015". 2015.

Tabla 4. Porcentajes de ahorro Año 2.

Energía	Año 2			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda NO VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, "Resolución 549 de julio DE 2015". 2015. p. 5-6. [46].

### **5.12 DECRETO 2143 DEL 4 DE NOVIEMBRE DE 2015**

Estableció el marco legal y los instrumentos para la promoción, desarrollo y utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). Busca fomentar, entre otras, la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía y la eficiencia energética, estableciendo diversos incentivos para ello [47].

### **5.13 RESOLUCIÓN 029 DEL 7 DE MARZO DE 2016**

Esta resolución establece un esquema de tarifas diferenciales que deberán aplicar los comercializadores minoristas en el Sistema Interconectado Nacional para promover el ahorro voluntario de energía. Cuando el consumo real del usuario supere la meta de ahorro, el costo unitario del servicio para el consumo hasta la meta de ahorro será el costo unitario (CU) establecido en la Resolución CREG 119 de 2007. Para la parte del consumo de energía eléctrica que supere la meta de ahorro, de acuerdo con lo que se define en el Anexo 1 de esta resolución, el costo unitario será igual al CU más 450 pesos/kWh.

Cuando el consumo de energía eléctrica real es inferior a la meta de ahorro, el costo unitario del servicio para el consumo total será igual al CU establecido en la Resolución CREG 119 de 2007 menos 450 pesos/kWh multiplicado por la relación entre la meta de ahorro y el consumo real del mes. [48]

### **5.14 RESOLUCIÓN 039 DEL 15 DE MARZO DE 2016**

En esta resolución, se modifica el artículo 2 de la resolución 029, en la cual se aplica la tarifa diferencial de acuerdo a las fórmulas dictadas por el ministerio de minas y energía [49].

## **5.15 NORMA NTC-ISO 50001 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA**

La NTC-ISO 50001 fue ratificada por el ICONTEC el 30 de noviembre de 2011 y proporciona una metodología para gestionar eficientemente la energía en las empresas, como parte de sus sistemas de gestión. Tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones un marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión y pretende cumplir los siguientes objetivos:

- Ayudar a las organizaciones a aprovechar mejor sus actuales activos de consumo de energía.
- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover las buenas prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía.
- Ayudar a las instalaciones en la evaluación y dar prioridad a la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Facilitar la mejora de la gestión de la energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como el ambiental, y de salud y seguridad.

Luego del lanzamiento de la norma en Colombia, se han realizado diversos cursos o programas de divulgación de la misma a nivel nacional, y puede afirmarse que Colombia apenas está en la etapa de conocimiento y divulgación de la norma, realizando diversas capacitaciones sobre el tema [50].

## **5.16 NORMA NTC 6079 DEL 27 DE OCTUBRE DE 2014**

Esta norma ha sido elaborada con el fin de establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) para su operación y gestión en redes de distribución de energía eléctrica.

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), gestión de alarmas y gestión de conexión y desconexión del servicio en forma remota. Aplica a unidades de medida para usos interiores o exteriores, en configuración individual o concentrada con medidores monocuerpo o bicuerpo. Asimismo para medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos. De igual manera, aplica para medida directa, semidirecta e indirecta [51].

## **6. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE LAS 5P EN LOS DIFERENTES PAÍSES**

Con base en la estrategia de las 5p se realizó una tabla comparativa, Anexo A.1, en donde se hace un análisis y síntesis de los planes, políticas, programas, proyectos y propósitos de cada país en el tema de empoderamiento del usuario de la energía eléctrica y se complementa con la siguiente información.

### **6.1 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PAÍSES**

Se tuvieron en cuenta dieciséis países, los cuales se pueden detallar en la Tabla del Anexo A.1, que presenta toda la información comparativa de los países seleccionados y clasificados teniendo en cuenta la estrategia de análisis de la información resumida en planes, políticas, programas, proyectos y propósitos de cada país.

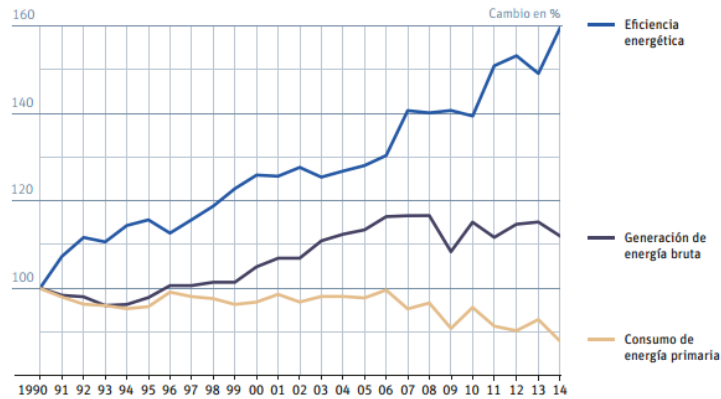
El Anexo A.1 incluye toda la información de cada uno de estos dieciséis países que se logró descargar de las iniciativas lideradas en cada uno de ellos.

### **6.2 ANÁLISIS, SÍNTESIS E IMPORTANCIA DE CADA PAÍS**

A continuación, se presenta la síntesis y conclusiones frente al estado de avance de las iniciativas relevantes de cada país dentro de su evolución en el tema de empoderamiento

**6.2.1 Alemania.** Alemania es un país industrial que está obteniendo mayor valor de un menor consumo de energía en Europa; su consumo energético está disminuyendo a la vez que la generación de energía aumenta al igual que la eficiencia energética de sus procesos como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Consumo energético vs eficiencia energética en Alemania.

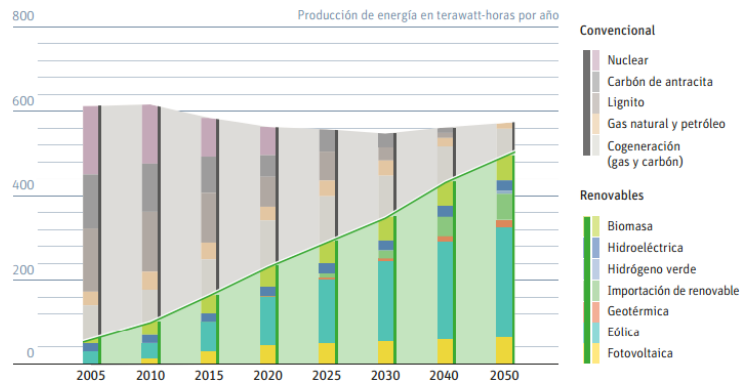


Fuente: “Consumo energético vs eficiencia energética en Alemania” [En línea]. Disponible en: [http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition\\_es.pdf](http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition_es.pdf)

Es una nación líder en la implementación de sistemas de generación con energías renovables, además tiene una política de eficiencia energética y se ha comprometido a la eliminación gradual de las plantas de generación de energía eléctrica con energía nuclear y utiliza los ingresos del sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea (EU ETS) para la lucha contra el cambio climático.

En la Figura 16 se observa como las energías renovables se hacen cada vez más competitivas, planteándose como objetivo a futuro el cambiar las energías a base de carbón y nuclear por energías renovables.

Figura 16. Escenario de generación de electricidad en Alemania 2005–2050.



Fuete: “Consumo energético vs eficiencia energética en Alemania” [En línea]. Disponible en: [http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition\\_es.pdf](http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition_es.pdf) [52].

Alemania rechaza la generación de energía eléctrica con energía nuclear debido a los riesgos que conlleva, sus costos y el tema no resuelto de los desechos. La energía nuclear no tiene el potencial para jugar en el futuro un papel destacado en el suministro de energía mundial.

Cuenta con programas como el Intelligent Energy Europe (IEE), y el programa del Ministerio Federal Alemán de Economía y Energía (BMWi) los cuales ofrecen ayudar a organizaciones dispuestas a mejorar la sostenibilidad energética y tienen como finalidad que el suministro de energía en el país sea asequible y seguro además de respetuoso con el medio ambiente. El Ministerio de energía alemán está sosteniendo la reestructuración del suministro de energía hacia energías renovables y apoya medidas para ahorrar recursos.

Proyectos como OGEMA 2.0 contribuyen a proporcionar estabilidad a través de la comunicación con el operador de la red, investigar la selección y adaptación del sistema operativo, la optimización de la gestión de energía, y la integración de las interfaces de comunicación y de los mecanismos de seguridad necesarios para la gestión de la energía.

Por otra parte, el proyecto *Smart Watts*, utiliza nuevos enfoques para optimizar el suministro de energía a través del uso de la información moderna y tecnologías de la comunicación (TIC).

El objetivo de *Smart Watts* es desarrollar un sistema abierto que abre nuevas rutas a una mayor utilidad de la energía y la eficiencia de los servicios públicos, fabricantes de dispositivos, proveedores de servicios, y otros clientes de energía [52].

**6.2.2 Austria.** Austria está encaminada hacia un modelo energético más sostenible y sus planes para el desarrollo de ciudades inteligentes así lo demuestran. Financiación pública y privada, voluntad política y compromiso ciudadano se unen para dar forma a unos proyectos basados en la transformación de la energía, el fomento de la movilidad eléctrica, la reconversión de edificios existentes y la creación de nuevas infraestructuras y servicios públicos. Viena, Graz y Salzburgo son las urbes que marcan el paso al resto de ciudades austríacas y europeas en la evolución de sus históricos cascos urbanos hacia las *Smart City* del futuro.

Empresas, administraciones y ciudadanos trabajan conjuntamente para hacer realidad un nuevo concepto de ciudad basado en tecnología al servicio de aquellos que van a utilizarla.

Los proyectos de Viena y Graz, han entendido que el crecimiento demográfico y la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> plantean retos medioambientales y energéticos que han de ser resueltos de forma inmediata [53].

Además de promover el uso de fuentes de energía renovables, una de las principales estrategias de la política energética de Austria es reducir su demanda, a través del uso racional de la energía y por la mejora de la eficiencia con la que se emplea.

Las medidas, que se mencionan en el programa actual del gobierno Austriaco, deben garantizar "un sistema de energía eficiente, asequible y socialmente aceptable, la seguridad del suministro, la prosperidad, la competitividad y un medio ambiente sano". Esto pone de relieve el papel central de la eficiencia en la política energética de Austria.

Las medidas para aumentar la eficiencia energética contribuyen a alcanzar los siguientes objetivos:

- La seguridad del suministro de energía
- Un suministro de la energía respetuosa con el medioambiente
- Un suministro económicamente eficiente de la energía
- La aceptación social del sistema de suministro de energía

Sobre la base de estos principios, la estrategia de Austria está dirigida principalmente a la mejora de la eficiencia energética en todos los niveles donde se suministra y se consume energía.

Además, es necesario mejorar la seguridad de abastecimiento y suministro de crisis para cada fuente de energía y para tratar de lograr el mayor grado de autonomía energética posible, sin dejar de lado la eficiencia económica.

Austria ha puesto en marcha una serie de instrumentos y medidas para el ahorro de energía y la eficiencia energética. Además de la legislación, estas medidas se refieren a las áreas de investigación, desarrollo tecnológico y demostración y están dirigidas a promover la penetración en el mercado, así como la difusión de información y la promoción de incentivos financieros para la aplicación de medidas adecuadas [54].

El desarrollo de tecnologías limpias, eficientes y con bajas emisiones de carbono es esencial para hacer frente a desafíos relacionados con la energía y el medio ambiente. Como parte de un paquete de medidas que establezcan una política energética europea, la Comisión Europea presentó un plan estratégico para acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías de baja emisión de carbono rentables (SET Plan) en 2007.

El SET Plan reúne a los principales institutos de investigación y universidades europeas (la Alianza Europea de Investigación de la Energía), la industria europea y los Estados miembros de la UE (el grupo de dirección sobre tecnologías energéticas estratégicas), coordinado por la Comisión Europea.

El desarrollo de las tecnologías de energía limpia, eficiente y de bajo carbono es esencial para que la Unión Europea haga frente a la energía de hoy y los desafíos medioambientales y servir de ejemplo para otros países. Es con estos objetivos en mente que, en 2007, la Comisión Europea anunció el lanzamiento de un plan estratégico de tecnología energética. Esta comunicación es parte de un paquete de medidas que establecen una política energética europea, presentado por la CE el 10 de enero de 2007.

El 1 de enero de 2016, el Reglamento guía sobre las actividades de monitorización de la eficiencia energética entró en vigor. Estableciendo las directrices de las disposiciones que el cuerpo nacional de monitorización de la eficiencia energética debe cumplir aplicando la Ley de Eficiencia de Energía Federal (Energieeffizienzgesetz, EEffG) en cuanto a documentación, información, evaluación y clasificación de las medidas de eficiencia energética [55].

**6.2.3 Bélgica.** En Bélgica, las políticas relacionadas con la energía y el medio ambiente han evolucionado considerablemente en los últimos años, con una serie de políticas y medidas aplicadas en diversas áreas de las autoridades regionales y federales. Sin embargo, los esfuerzos de Bélgica no se ajustan a las aspiraciones europeas ya que mientras otros países europeos avanzan en el proceso de abandonar la energía nuclear, Bélgica se aferra a su política energética que defiende la energía nuclear. El gobierno prolongó de nuevo la vida útil de reactores donde se encontraron numerosas fisuras [56].

Bélgica debe cumplir con las nuevas disposiciones del régimen comunitario de comercio, acordado en 2009, que requieren que Bélgica reduzca sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 15% respecto a los niveles de 2005 para el año 2020. Esta legislación plantea varios retos a Bélgica, debido a la falta en el país de recursos primarios, la naturaleza de su energía, y el plan del gobierno para eliminar su suministro principal: la energía nuclear [57].

Bélgica tiene las siguientes recomendaciones en cuanto a su política energética:

- El desarrollo de una visión coherente a largo plazo para las futuras políticas energéticas.
- La diversificación de las fuentes de energía y proveedores para disminuir la dependencia de las importaciones.
- La implementación de medidas de eficiencia energética.
- La implementación de medidas de gestión de la demanda.

EnergyICT es un proveedor de soluciones de medición inteligente y red inteligente a los servicios públicos, junto con Eandis, una compañía de electricidad y red de gas en Bélgica, han desplegado los componentes de la cartera EnergyAxis de Elster<sup>32</sup> de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) y soluciones de éxito para alimentar un gran piloto de medición inteligente integrado en Bélgica.

En los pueblos cercanos Hombeek y Leest, cerca de Malinas, Flandes; Eandis ha instalado 4200 medidores inteligentes de electricidad y gas, junto con una gestión de datos alojada por ElServer<sup>33</sup> y concentradores de datos EnergyICT como parte de la prueba piloto de medición inteligente.

---

<sup>32</sup> Elster: Del alemán Elektronische Steuererklärung es un líder mundial en soluciones de sistemas de medición de energía eléctrica.

<sup>33</sup> ElServer: Es una compañía de EnergyICT especializada en la provisión de soluciones de Hosting, Email Marketing, Dominios, MySql y PHP, tiene una aplicación de procesamiento y gestión de datos que proporciona información detallada al consumo a Eandis, que permite la gestión de los recursos energéticos y la red inteligente mejorada.

**6.2.3 Brasil.** El Plan Nacional de Energía 2030 (PNE 2030), elaborado por el Ministerio de Minas y Energía de Brasil, traza un escenario para la demanda y la oferta de energía de ese país para los próximos 20 años. De este ejercicio de planificación se desprende que Brasil seguiría encaminándose hacia un mayor uso relativo de sus fuentes domésticas al tiempo que se producen modificaciones en la participación relativa de los componentes de su matriz energética.

La crisis del petróleo a principios de la década del setenta fue decisiva en la política energética brasileña; fue como reacción a esta crisis que se diseñaron las políticas que comenzaron a inducir la mayor diversificación que exhibe la matriz energética actual. En 1970, las fuentes de aprovisionamiento energético de Brasil estaban muy concentradas.

En el plano regional, se hizo imperiosa la necesidad de integrar los recursos de sus vecinos al sistema energético brasileño a través de emprendimientos como Itaipú, el gasoducto Bolivia–Brasil, y la línea de transmisión que conecta los sistemas eléctricos argentino y brasileño.

La integración energética regional ayudó así a diversificar las fuentes de energía y a dar mayor equilibrio a la matriz energética brasileña. Como resultado de esas políticas, Brasil consiguió tener una oferta energética más diversificada durante la década de noventa [58].

**6.2.4 Chile.** La política energética propone una visión del sector energético al 2050 que corresponde a un sector confiable, sostenible, inclusivo y competitivo. Esta visión, obedece a un enfoque sistémico, según el cual el objetivo principal es lograr y mantener la confiabilidad de todo el sistema energético, al mismo tiempo que se cumple con criterios de sostenibilidad e inclusión y, se contribuye a la competitividad de la economía del país.

En definitiva, mediante estos atributos, se establece como objetivo avanzar hacia una energía sustentable en todas sus dimensiones. Para alcanzar esta visión al 2050, la política energética se sustenta en cuatro pilares:

- Seguridad y calidad de suministro: Es fundamental que la energía esté disponible a un precio razonable y predecible, y que favorezca la competitividad. El principio de confiabilidad, enmarcado en la visión de la política incorpora, además, criterios de acceso confiable a la energía, calidad de suministro y flexibilidad del sistema, entre otros. Para ello, es necesario avanzar en seguridad y flexibilidad a nivel de producción centralizada y contar con una producción descentralizada y gestión activa de la demanda.

Según este nuevo paradigma, los consumidores finales de energía eléctrica están tomando un rol más activo en el funcionamiento del sistema. En consecuencia, los mecanismos de gestión de demanda en conjunto con las aplicaciones de redes inteligentes, entre otros, permitirán que esta nueva realidad del sector energético sea aprovechada adecuadamente, contribuyendo al logro de los objetivos de la política energética en materias de seguridad, eficiencia y flexibilidad, aspirando a un sistema energético bidireccional, en donde se puede producir y gestionar la energía.

- Energía como motor de desarrollo: El avance de las comunicaciones junto con una creciente conciencia de los propios derechos, están impulsando a la ciudadanía a participar activamente en decisiones políticas o económicas que les afectan.

Para conseguirlo, esta política tiene como meta desarrollar en el sector energético una estrategia de asociatividad que permita transformar positivamente la calidad de vida de las localidades en las que se emplazan los proyectos. Será necesario garantizar la existencia de procesos formales de participación ciudadana

temprana, informada, simétrica e incidente en las políticas, planes y proyectos, a nivel nacional, regional y local.

- **Energía compatible con el medio ambiente:** El desarrollo del sector energético no puede dissociarse del cuidado del medioambiente. Para ello, es fundamental implementar políticas que aborden el impulso de una matriz energética renovable y el desarrollo de lineamientos para abordar los impactos medioambientales, locales y globales.

Chile ha tenido una vocación histórica de generación de energía eléctrica renovable. En los años ochenta, la participación hidroeléctrica en la generación total de energía alcanzó el 80%. Sin embargo, en el último quinquenio, la participación promedio de la generación hidroeléctrica fue del 32%, a pesar del significativo potencial existente.

Es un objetivo de la política energética retomar esta vocación, implementando las medidas necesarias para que las energías renovables constituyan el 60% en el año 2035, y al menos un 70% de la generación eléctrica para el año 2050.

- **Eficiencia y educación energética:** El objetivo de la política energética al 2035 es que el sector de grandes consumidores, haga uso eficiente de la energía, con activos sistemas de gestión energética y la implementación de activas mejoras de eficiencia energética.

Una meta al 2050 será que todas las edificaciones nuevas tengan estándares OCDE<sup>34</sup> de construcción eficiente, y cuenten con sistemas de control y gestión inteligente de la energía.

---

<sup>34</sup> OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, su misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo. [Online]. Disponible en: <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>

Es necesario que todos los planes de educación formal incorporen contenidos transversales sobre desarrollo energético, tanto en la educación preescolar, básica y media generando acciones que permitan a la ciudadanía conocer y valorar a la energía mediante la promoción de una cultura energética en todos los niveles de la sociedad, incluyendo los productores y usuarios [59].

La Figura 17 ilustra las metas más destacadas que el gobierno chileno planea lograr para el año 2050, dentro de las cuales, se destaca, el apoyo a energías renovables, reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, cultura energética “Empoderamiento y Generación distribuida”.

Figura 17. Principales metas para el 2050 en Chile.



Fuente: Chile: metas para el 2050» [En línea]. Disponible en: [http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro\\_energia\\_2050.pdf](http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro_energia_2050.pdf) [60].

**6.2.5 Dinamarca.** Dinamarca elabora un plan para abandonar el petróleo en el 2050, se marca como objetivo político el reducir sus emisiones en un 34% en 2020 y disminuir el consumo de energía en más del 12%.

La primera parte del plan de Dinamarca vería reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 40% en 2020 (en comparación con los niveles de 1990) y disminuir el consumo energético bruto en más del 12% respecto a 2006.

En una segunda fase se destinarán a suministrar el 35% de su consumo de energía final de fuentes renovables, la mitad de ésta proviene directamente de los parques eólicos. A pesar de la gran cantidad de viento que tiene el país, el plan del gobierno también quiere avanzar en las redes inteligentes, biogás y otras tecnologías verdes. Una gran estrategia de implantación de energía eólica se diseñó a través de áreas de campos eólicos en el mar.

Para el año 2030 se tiene como objetivo la eliminación del uso del carbón y calderas de petróleo, así como para el año 2035 se pretende obtener energía eléctrica y calefacción 100% a base de renovables, esto con un enfoque especial en edificios para mayor eficiencia energética debido a la creciente electrificación del sistema energético [61].

Dinamarca plantea un modelo de crecimiento económico y de generación de riqueza para el país a través de una estrategia que concentra sus esfuerzos en las iniciativas más rentables y con un futuro más prometedor, en cuanto al suministro energético y al modelo de transporte sostenible. Los aspectos considerados se dividen en tres pasos.

- Paso 1

Transición hacia un modelo de suministro y consumo de energía procedente de fuentes renovables:

- ✓ Incremento de la energía renovable eólica, terrestre y undimotriz.
- ✓ Incremento del uso de la biomasa y biogás.
- ✓ Eficiencia energética.

- Paso 2

Mayor uso e integración de las nuevas tecnologías en los usos energéticos y en el transporte:

- ✓ Sector transporte sostenible.
- ✓ Sistema energético inteligente.
- ✓ Políticas energéticas de nueva generación.
- ✓ Transición nacional y regional hacia la independencia de los combustibles fósiles.

- Paso 3

Iniciativas directamente enfocadas hacia el desarrollo y la mejora de las tecnologías energéticas:

- ✓ Desarrollo ecológico a través de proyectos de I+D+i<sup>35</sup>[62].

**6.2.5 España.** La demanda energética en España ha venido experimentando una tendencia al alza en las tres últimas décadas, a lo largo de las cuales han tenido lugar cuatro crisis económico-energéticas (1973, 1979, 1993 y 2008), con impacto negativo en la actividad económica y en la demanda energética de la mayoría de los países desarrollados. No obstante, a principio de los años 70, esta circunstancia sirvió de catalizador para acometer políticas en España orientadas a la reducción de la dependencia energética y la mejora de la eficiencia.

---

<sup>35</sup> I+D+i: Investigación, desarrollo e innovación es un concepto, en el contexto de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad; como superación del anterior concepto de investigación y desarrollo.

Desde diferentes departamentos ministeriales y, de manera adicional, se han promovido proyectos o desarrollado actuaciones directamente ligadas a la investigación y el desarrollo para la mejora de la eficiencia energética [63].

Al conocer el potencial del país en diferentes tecnologías, como la eólica y la fotovoltaica, el gobierno español promovió la instalación de estos sistemas de generación de energía a través de varios incentivos y subsidios desde el comienzo de la década de 2000. Cuando la crisis económica golpeó a la UE todos estos incentivos desaparecieron gradualmente debido a la disminución en el consumo de energía, que también denota el exceso de capacidad del sistema debido a la falta de interconexiones. Ahora que el país está saliendo de la recesión económica, la eficiencia energética y las energías renovables están empezando a ser parte del futuro del desarrollo del país una vez más.

Dentro de las iniciativas del Ministerio de Ciencia e Innovación para el desarrollo de la investigación en eficiencia energética y programas como el FP7-7<sup>th</sup> *Framework Programme for Research and Technological Development*, buscan fortalecer la base científica y tecnológica de la industria europea y fomentar su competitividad internacional y la investigación que apoya las políticas de la UE a través de proyectos como:

- *ADDRESS: Active Distribution network with full integration of Demand and distributed energy RESources*, es un proyecto a gran escala Integrado por la Comisión Europea dentro del 7<sup>o</sup> *Framework Programme*, en el área de energía para el " Desarrollo de redes de energía de distribución interactiva "
- *GAD (Gestión Activa de la Demanda)*, investiga la optimización del consumo eléctrico en los hogares, desarrollando soluciones que permitan una gestión activa de la demanda.

- GRID4EU: es un proyecto de demostración de soluciones avanzadas en *Smart Grid*, focalizado en monitorización y control de redes de baja tensión en el cual Vattenfall, ABB, eMeter/Siemens, Schneider Electric y KTH, hacen uso de información proporcionada por Smart Meters e información recogida de subestaciones secundarias, para mejorar la gestión de cortes de suministro y la monitorización de la calidad de la energía suministrada en redes de baja tensión.

Las áreas de interés que se analizan y prueban en los distintos demostradores incluyen las siguientes:

- Fuentes de energía renovables.
- Participación activa de clientes.
- Suministro de energía seguro.
- Supervisión y automatización de la red de media y baja tensión.
- Gestión de picos de carga.
- Gestión de la demanda, vehículo eléctrico, almacenamiento, micro redes.<sup>36</sup>

Actualmente existen proyectos liderados por Iberdrola que tienen como objetivo buscar la flexibilidad, accesibilidad, fiabilidad y economía en la red y mejorar la eficiencia energética mediante la gestión activa de la demanda y la investigación y el desarrollo de soluciones para la optimización del consumo eléctrico en consumidores de baja y media tensión.

Adicionalmente se está en etapa de investigación y desarrollo de herramientas para la optimización del consumo de energía eléctrica en los hogares, reduciendo el costo final de la factura, el impacto ambiental y el desarrollo de dispositivos para ofrecer al consumidor información sobre el precio y el origen de la energía y la investigación en la optimización del uso las infraestructuras eléctricas, mejorando

---

<sup>36</sup> GRID4EU: es un proyecto de demostración a gran escala de las redes de distribución eléctrica inteligentes con la generación distribuida y la participación activa del cliente en Europa. [Online]. Disponible en: <http://www.grid4eu.eu/>

la calidad de suministro y facilitando mayor integración de energías renovables [63].

**6.2.6 Estados Unidos.** La iniciativa *GREEN BUTTON* es una respuesta dirigida por la industria, llamando a la acción por parte de la Casa Blanca para proporcionar a los clientes de servicios públicos con un acceso fácil y seguro a su propia información de uso de energía (EUI) en un formato agradable para el consumidor y fácil de usar en dispositivos electrónicos.

En la actualidad, 48 empresas de servicios públicos y los proveedores de energía eléctrica que sirven a más de 59 millones de hogares y empresas se han comprometido a permitir que sus clientes tengan el acceso al "Green Button" para ayudar a ahorrar energía y reducir sus facturas. De ellos, más de 42 millones de clientes residenciales y comerciales (alcanzando más de 100 millones de estadounidenses) ya tienen acceso a sus datos de energía Green Button [64].

Los datos obtenidos en el Green Button estarán disponibles para cualquier cliente que tenga instalado un medidor inteligente, cerca de 5,4 millones de hogares y negocios de acuerdo a los datos de seguimiento [65].

La iniciativa de implementar Green Button, ha permitido no solo la unión de entidades públicas con el sector privado, sino que su desarrollo es cada vez más fuerte, lo cual ha impulsado a los diferentes proveedores de servicios a llegar a más ciudades en todo el país.

*Pacific Gas and Electric Company* (PG & E), instaló casi 9 millones de *Smart Meter* a finales del año de 2011, y que terminarían el despliegue a mediados de 2012. *Southern California Edison* ya instaló 4,3 millones de *Smart Meter* a mediados de 2012. El Departamento de Energía (DOE) liberó miles de millones de

dólares a las empresas de servicios públicos para sus programas de instalación de *Smart Meter* en 2009.

En 2010, 20334525, medidores con infraestructura (AMI's) fueron instalados en 663 compañías del sector eléctrico en Estados Unidos, de las cuales aproximadamente el 76% eran empresas de distribución de energía eléctrica.

Cerca del 90% de los equipos de medida fueron instalados a clientes residenciales [66]. En la Tabla 5 se muestra la distribución de los *Smart Meter* en EE. UU en el año 2010.

Tabla 5. Distribución de los Smart Meter en Estados Unidos.

Number of AMI Installations by Customer Type						
Type of Utilities	Number of Utilities	Residential	Commercial	Industrial	Transportation	Total
Investor Owned	108	13,880,141	1,452,929	24,728	36	15,357,834
Cooperative	342	3,416,336	323,082	27,542	0	3,766,960
Municipal	184	278,198	44,757	2,471	0	325,426
Public & State	29	795,233	84,215	4,826	31	884,305
<b>Totals</b>	663	18,369,908	1,904,983	59,567	67	20,334,525

Fuente: Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. *Smart Meters in Smart Grid: An Overview*. IEEE. 2013. p. 5. [67].

Muchas empresas han construido *Smart Meter* sobre la base de la demanda del mercado. Según los diferentes propósitos, estos medidores se clasifican en dos aplicaciones: Usuarios residenciales y usuarios comerciales e industriales. A continuación, se nombran las empresas que lideran esta tarea:

- *General Electric Company*.
- *Itron Company*.
- *Sensus Company*.
- *Schneider Electric*.

**6.2.7 Francia.** En Francia, la energía se sitúa en el centro de la problemática del desarrollo sostenible en sus tres vertientes: económica, social y medioambiental. En la actualidad, se trata de uno de los mayores desafíos para alcanzar en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y para la agenda post-2015.

La ayuda al desarrollo en este sector es primordial para luchar contra la situación actual de pobreza energética que frena el desarrollo de los países más pobres. Favoreciendo la implementación de fuentes sostenibles de energía, para garantizar que es compatible con un desarrollo bajo en carbono. La acción de Francia hoy tiene cuatro grandes objetivos:

- Priorizar las energías renovables y la eficiencia energética.
- Mejorar el acceso a la energía en las zonas rurales y en la periferia de las ciudades.
- Reforzar y aumentar la seguridad de los sistemas energéticos.
- Reforzar las políticas energéticas y las capacidades de sus intervinientes.

Estos objetivos se reflejan de forma concreta en las decisiones de Francia en la ayuda al desarrollo. Así, de los 7.400 millones de euros dedicados al sector energético por la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) desde 2007, 5800 millones de euros se han destinado a proyectos sobre energías renovables y eficiencia energética.

Francia aboga también por movilizar financiación privada en paralelo de la ayuda tradicional, por mecanismos innovadores como el Fondo para la Energía de la Unión Europea y por la coordinación mundial en torno a la iniciativa de las Naciones Unidas: Energía sostenible para Todos (SE4All), lanzada en 2012. Esta iniciativa tiene tres grandes objetivos: garantizar el acceso universal a servicios energéticos modernos, duplicar la tasa de mejora de la eficiencia energética y, por último, duplicar la parte de las energías renovables en la combinación energética

mundial antes de 2030. Francia es el segundo contribuyente europeo a SE4All [68].

Después del accidente de Fukushima, se puso en marcha un debate nacional respecto a la transición energética francesa. Se estableció un objetivo de la política de reducción de la generación de energía eléctrica mediante las plantas nucleares del 75% al 50% de la cuota de la generación total. Desde el año 2013, el consumo de energía eléctrica se ha estabilizado en Francia, la proporción de fuentes renovables sigue creciendo y hay un alto nivel de producción de energía hidroeléctrica. Por lo tanto, rara vez se utilizan medios de generación térmica convencional. Además, la generación de energía eléctrica y la capacidad siguen aumentando ya que el país sigue siendo un exportador neto de energía.

Con su programa *Smart Grids France*, Francia pretende aportar al desarrollo de las redes y gestión de la energía, basándose en los conceptos de *Smart City*, *SmartGrid* y usuario inteligente, desarrollando y mejorando las *Smart Grid* en Francia y analizando el comportamiento del consumidor.

**6.2.8 Holanda.** A nivel internacional los Países Bajos tienen un importante papel en la investigación en el campo de la energía renovable y la eficiencia energética. Ocupan también el sexto puesto en la clasificación mundial en cuanto a la solicitud de patentes en el sector de la energía eléctrica producida a partir de fuentes renovables. Además, el país ocupa una sólida posición en determinados campos de la investigación en sectores como la experiencia en la industria de alta mar, tratamiento previo y métodos de procesamiento de la biomasa y eficiencia energética en el sector de la horticultura de invernadero [69].

Se iniciaron proyectos *Smart City* en la ciudad de Ámsterdam para la instalación de nuevos sistemas de gestión energética con la medición avanzada inteligente para mejorar la sostenibilidad en Ámsterdam. Existen proyectos que se ejecutan

en tres áreas de la región metropolitana de Ámsterdam. Los socios del proyecto son empresas tales como Nuon<sup>37</sup>, IBM, Cisco<sup>38</sup>, Accenture<sup>39</sup>, Vodafone, etc. Un proyecto piloto consistió en la instalación de 700 *Smart Meter* y dispositivos de visualización en los hogares durante los años 2009 a 2011.

**6.2.9 Italia.** Italia a través de la implementación de IREN<sup>40</sup> se encarga del proceso necesario para el empoderamiento de los usuarios de la energía eléctrica, esta implementación se basa en tecnologías Java.

Su estructura se divide en:

- Extracción de datos.
- Comunicación de datos.
- Generador de facturación en línea y herramientas.

Esta aplicación extrae los datos del medidor de depósito de datos utilizando un sistema basado en el protocolo AMQP<sup>41</sup>. Los datos se almacenan en varios centros de datos en función de la distribución de los medidores en el territorio.

El sistema de herramientas en línea y de facturación que se muestra en la Figura 18, es una aplicación web a cargo de la visualización del servicio. Esta se sincroniza con el cliente de Empowering y almacena todos los resultados en una base de datos. El sistema se basa en:

- Herramientas de desarrollo Web para crear aplicaciones interactivas JavaScript. (AJAX).

---

<sup>37</sup> NUON: es una compañía de energía eléctrica que opera en Países Bajos, Bélgica, y Reino Unido. Perteneció al grupo Vattenfall.

<sup>38</sup> CISCO: Principalmente dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones

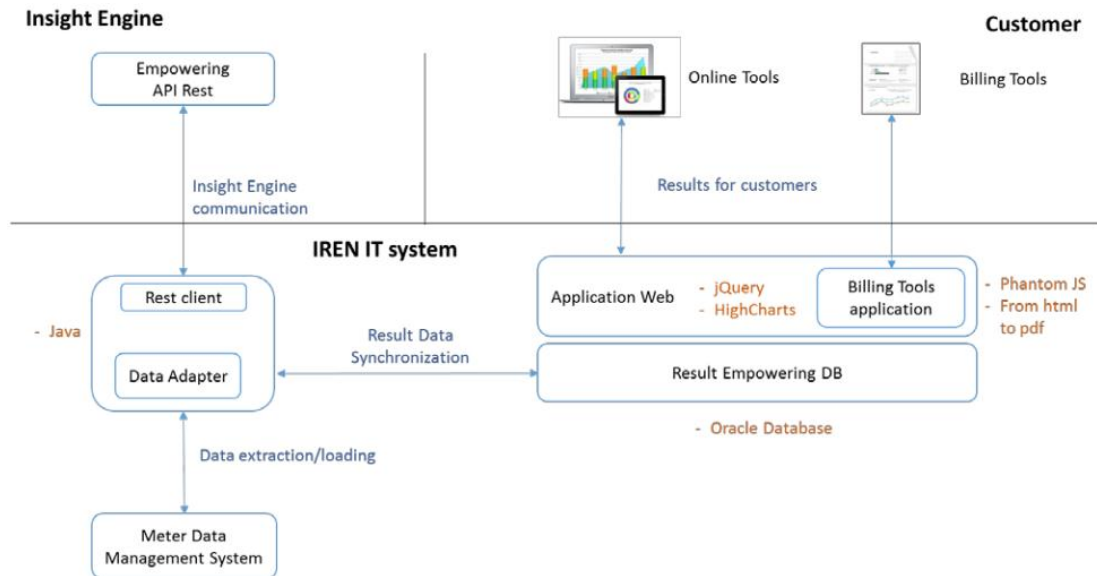
<sup>39</sup> Accenture: Es una empresa multinacional dedicada a la prestación de servicios de consultoría, servicios tecnológicos y de outsourcing.

<sup>40</sup> IREN: Es una sociedad Italiana que opera como un multi-servicio, particularmente en la producción y distribución de energía eléctrica. [Online]. Disponible en: <http://www.irenenergia.it/>

<sup>41</sup> AMQP: *Advanced Message Queuing Protocol*, es un protocolo de estándar abierto en la capa de aplicaciones de un sistema de comunicación. Las características que definen al protocolo AMQP son la orientación a mensajes, encolamiento, enrutamiento, exactitud y seguridad. [Online]. Disponible en: <https://www.amqp.org/about/what>

- Herramientas de visualización de gráficos. (Highcharts).
- Herramientas para generar los informes de facturación en formato PDF. (PhantomJS) [70].

Figura 18. Ejecución técnica de IREN Italia.



Fuente: "Italia: Implementación de Empowering" [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING\\_D4.2\\_rev.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING_D4.2_rev.pdf) [70].

**6.2.10 México.** La Estrategia Nacional de Energía (ENE) en México, tiene como misión encauzar las fuerzas de la oferta y la demanda de energía de modo que se brinde viabilidad al crecimiento económico de México y se extienda el acceso a servicios energéticos de calidad a toda la población, a fin de que reciban los beneficios que derivan del consumo eficiente y responsable de la energía. Estos dos componentes, que dan sustancia a la misión, son denominados "Objetivos Estratégicos".

Asimismo, se incluyen cuatro "Medidas de Política" que corresponden a las grandes tareas que deberán realizarse, tanto por el lado de la oferta, como de la demanda, para alcanzar los dos objetivos estratégicos de la ENE. Adicionalmente, para consolidar un sistema energético integral y generar una cultura compartida

por todos, se encuentran tres “Elementos de Integración”. El primero de estos elementos se refiere a la sustentabilidad del sector, entendido como su capacidad de renovación.

Por un lado, el sistema deberá renovarse constantemente a fin de mantener los flujos de energía hacia los consumidores, mientras que estos últimos, a su vez, deberán renovar la capacidad de los sistemas que emplean para hacer más eficiente su consumo. A nivel país, se puede alcanzar la sustentabilidad al ampliar constantemente la gama de energéticos primarios disponibles, enfocándose en un creciente aprovechamiento de las energías renovables.

El segundo de estos elementos de integración es la eficiencia energética y ambiental; a través de éste se busca la continua aplicación de las mejores prácticas disponibles en la producción y el consumo de energía. La eficiencia no sólo optimiza estos dos procesos, sino que también minimiza su impacto ambiental.

El tercer elemento es la seguridad energética, la cual se refiere, por un lado, a la capacidad que se tiene como país para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre de que las actividades productivas podrán seguir desarrollándose con continuidad y con insumos energéticos de calidad; y por otro, en el sentido de previsión. En este último se abordan las problemáticas relacionadas con la accesibilidad a los mercados y el almacenamiento preventivo, principalmente enfocado en aquellos energéticos cuya dependencia de las importaciones pueda crecer a niveles que impliquen riesgos asociados a la continuidad del suministro [71].

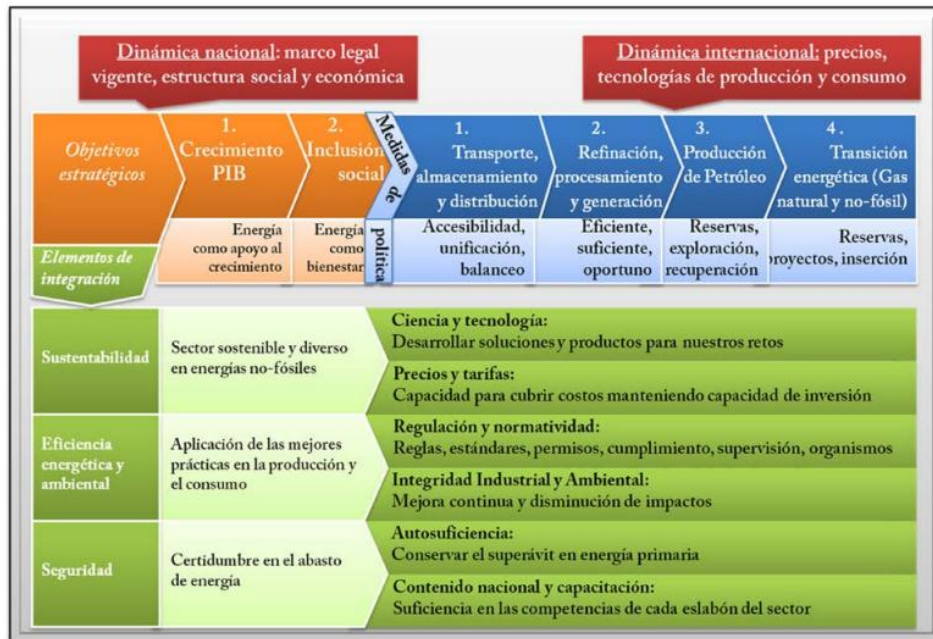
En la Figura 19 y 20 se ilustra la estructura y alcances de la ENE detallada anteriormente.

Figura 19. Mapa conceptual de la ENE.



Fuente: “México: Estrategia Nacional de Energía” [En línea]. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37957550> [71].

Figura 20. Mapa Estratégico de la ENE.



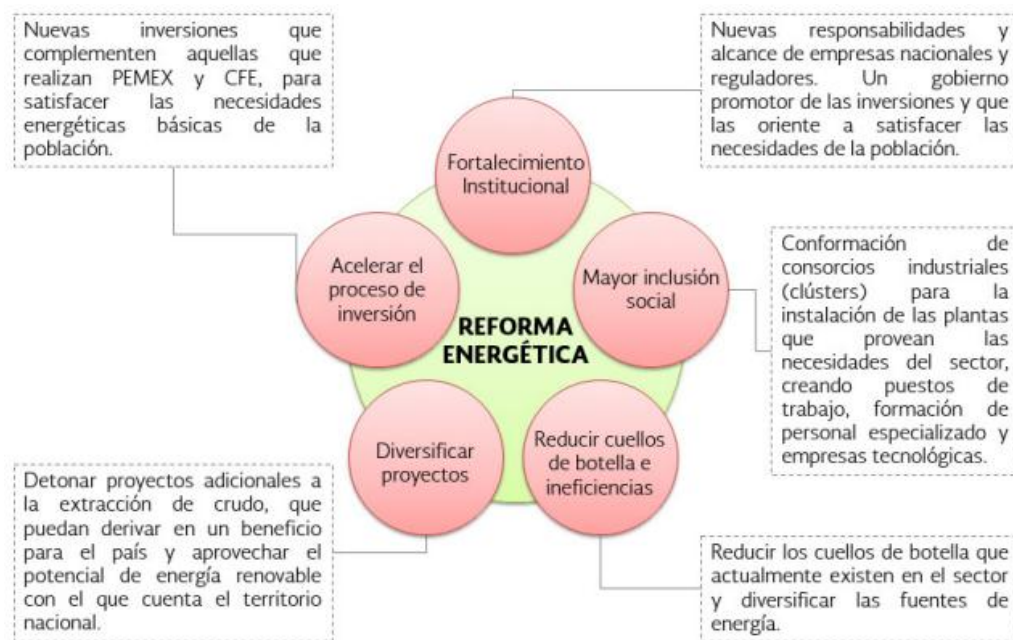
Fuente: “México: Estrategia Nacional de Energía” [En línea]. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37957550> [71].

ansformación del sector energético será posible gracias a una mejor selección de las inversiones y eficiencia de las empresas operadoras, tanto las del estado como las privadas. La multiplicación de proyectos a partir de un mayor número de

empresas compitiendo en los distintos segmentos de los mercados, y la rectoría del estado mediante ordenamientos y regulación.

La Figura 21 muestra las áreas de transformación sobre las cuáles tendrá un impacto la reforma energética en México.

Figura 21. Impacto de la Reforma.



Fuente: "México: Estrategia Nacional de Energía" [En línea]. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37957550> [72].

**6.2.11 Noruega.** A diferencia de la mayoría de los otros países, casi la totalidad de la producción de energía eléctrica de Noruega se basa en la energía hidroeléctrica. Noruega tiene una cuota de energía renovable que es mucho mayor que en todos los países de la UE. En 2011, la producción de electricidad renovable fue de alrededor de 124 TWh.

El gobierno noruego ha aumentado significativamente el alcance de las medidas y los instrumentos relacionados con el desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética por su compromiso a seguir la directiva sobre energías

renovables de la UE (Directiva 2009/28 / CE). El 67,5% del consumo total de energía en Noruega (incluido el transporte) debe provenir de fuentes renovables para el 2020- un aumento del 64,9% en 2009. Por lo tanto, la nueva generación de energía necesaria, será parcialmente cubierta por la generación distribuida intermitente. El viento, el agua y la bioenergía serán los recursos energéticos más importantes en el mercado certificado [73].

Para el primero de enero de 2019, todos los consumidores de energía eléctrica en Noruega tendrán un *Smart Meter*. Con el Sistema de Medición Avanzada (AMI), los consumidores recibirán información avanzada acerca de su consumo de energía eléctrica, una lectura de medición menos incierta y mejores oportunidades para participar en la respuesta de la demanda. Algunos hogares y empresas ya han recibido los *Smart Meter* [74].

La introducción de *Smart Meter* a los clientes finales permite el registro automático del consumo de energía eléctrica del cliente en intervalos de una hora o menos. Los registros del medidor serán recopilados mediante el sistema de Powel ELIN<sup>42</sup> mejorando el sistema de automatización de procesos, seguimiento y control del sistema de distribución. Además de medir el consumo de energía eléctrica del sistema, almacenará la información del nivel de tensión, mejorará la gestión de interrupciones y ayudará a identificar los fallos del sistema. Como resultado, estas características proporcionarán a las compañías de red la información necesaria para mejorar significativamente y para la planificación, operación y mantenimiento del sistema de distribución de media y baja tensión [75].

**6.2.12 Reino Unido.** Un estudio, realizado en el Reino Unido y publicado en abril de 2012, estima que el gasto necesario para la modernización de la red eléctrica

---

<sup>42</sup> *Powel ELIN*: Es un sistema de recolección de datos de medidores interoperable que soporta una amplia gama de tipos de medidores, terminales y concentradores. Un procesador frontal promueve la comunicación eficiente de las tecnologías de comunicación más comunes y hace que la recolección de datos desde cualquier dispositivo de medición inteligente sea rápido, fácil y eficiente. *Powel ELIN* está diseñado para medición inteligente residencial a gran escala. [Online]. Disponible en: <http://www.powel.com/globalassets/product-information/metering/powel-elin.pdf>

en el Reino Unido entre los años 2012 y 2050 alcanzaría la cantidad de 46000 millones de libras utilizando tecnologías convencionales y de 27000 millones de libras si se utilizan tecnologías de *Smart Grid* (23000 millones de libras en el caso de realizar actualizaciones *Smart Grid* sobre la red actual) lo que supone un ahorro mínimo de 19000 millones de libras. Este ahorro seguiría siendo superior a los 10000 millones de libras aun en el caso de que la reducción de combustibles fósiles en la generación de energía fuera inferior a la prevista. Aunque inicialmente el desarrollo de una *Smart Grid* supone una importante inversión, a largo plazo puede suponer una reducción importante de los costos, un riesgo menor y beneficios indirectos mayores. Se han llevado a cabo distintos estudios que apuntan su potencial económico de ahorro y eficiencia debido a la mejora de la información, y la mayor capacidad de gestión de los usuarios respecto a su consumo eléctrico.

A nivel europeo, el Departamento de Energía y Cambio Climático del Gobierno de Reino Unido ha diseñado un ambicioso programa de implementación de *Smart Meters* (*SMIP; Smart Metering Implementation Program*) que pretende reemplazar 53 millones de medidores de energía eléctrica y flujo de gas en los próximos seis años. El elemento más importante de este ambicioso proyecto es la implicación de todos los agentes involucrados en diferentes grupos de trabajo que abarcan tareas tan importantes como la regulación y la normalización de los dispositivos, o la promoción de los beneficios de los *Smart Meter* entre los consumidores. De este modo se están sentando las bases para la transición exitosa desde la forma tradicional de medición hacia los *Smart Meter* [76].

El Reino Unido, tienen un programa basado en 30 millones de medidores de energía eléctrica y 22 millones de medidores de flujo de gas. El programa trata de acelerar el despliegue de medidores AMI en el país para ir por delante de los demás países, hasta de Alemania. Se han marcado como objetivo reducir al 85 % la emisión de CO<sub>2</sub> de las emisiones relativas de 1990 para 2050, lo cual es un reto importante que va en línea con la directiva europea.

En el Reino Unido ya se han concienciado que tienen que ser más eficientes como país. Se han planteado una visión a largo plazo, para lo cual han creado una infraestructura común para los 52 millones de medidores de los dos tipos. En este sentido, obligan a tener en los hogares un dispositivo que permita a los usuarios comprobar los ahorros en el consumo de energía eléctrica. Han generado normalizaciones y con los dispositivos que se conectan a los dos medidores pueden ver la diferencia de consumo y el ahorro en el uso de la energía eléctrica. Así los consumidores tienen más control y el legislador vela porque ganen todos los actores implicados, para lo cual han creado un programa de reinversión para que nadie pierda financieramente. También han creado un data service provider que interactúa con comercializadoras de energía eléctrica y con el gobierno para poner a disposición los datos de quienes utilizan el servicio de forma anónima. Esta estrategia puesta en marcha por el Reino Unido puede servir de ejemplo sobre cómo afrontar el paso hacia las nuevas redes de distribución de la energía, prestando un servicio más eficiente a los usuarios [76].

**6.2.13 Suecia.** El gobierno de coalición de Suecia ha establecido un ambicioso programa que convertirá al país nórdico en ejemplo de un planteamiento energético que podría erradicar los combustibles fósiles en las próximas décadas. El país está cerrando sus centrales nucleares, pero no las reemplazará con otras similares, y el objetivo es invertir en energías renovables. Para ello se gastarán inicialmente alrededor de 480 millones de euros para impulsar fuentes de energía como la solar, que verá su presupuesto aumentado en un 800%.

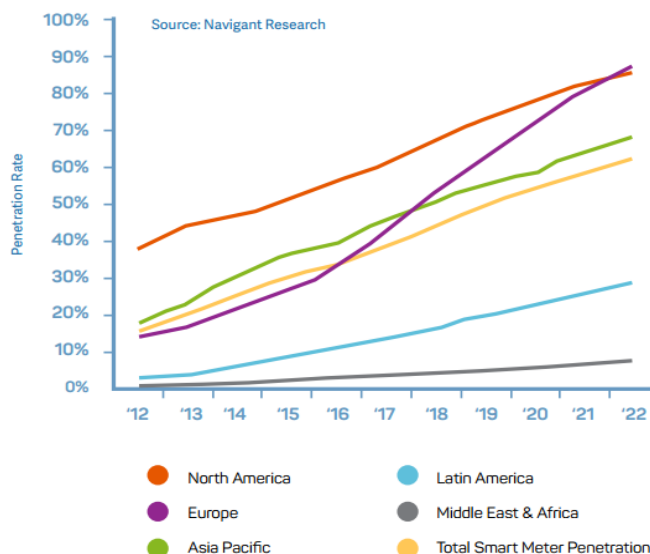
Suecia consume una gran cantidad de energía eléctrica per cápita (15000 kWh por persona/año), sin embargo, las emisiones de carbono de Suecia son bajas en comparación con las de otros países. El motivo de este bajo índice de emisiones es que cerca del 78 % de la energía eléctrica en Suecia proviene de fuentes de energía nuclear e hidroeléctrica, es decir, energías que no generan emisiones de carbono. La producción combinada de calor y electricidad representa algo más del

10 % de la producción de energía eléctrica de Suecia y estas centrales se alimentan esencialmente de biocombustibles. Cerca del 8 % de la energía eléctrica se importa y el resto, cerca del 4 %, proviene de energía eólica.

Suecia, apoyándose en una directiva de la UE de 2009 orientada a la promoción de las fuentes de energía renovables, pretende aumentar el uso de estas energías para que representen el 50% del suministro nacional en 2020. La cifra actual es del 48 %, en gran medida debido a la gran proporción de energía hidroeléctrica y a los biocombustibles que se emplean en el sistema energético.

Según estadísticas presentadas por *Empowering*, que proporciona una plataforma de análisis y visualización de datos permitiendo a las empresas de servicios públicos, en particular las pequeñas y medianas empresas, aprovechar la información útil de rendimiento energético hacia sus clientes, se presenta la Figura 22, en la cual se evidencia la tasa de penetración de los *Smart Meter* en los mercados mundiales de las diferentes regiones [77].

Figura 22. Tasa de penetración por región de los Smart Meter.

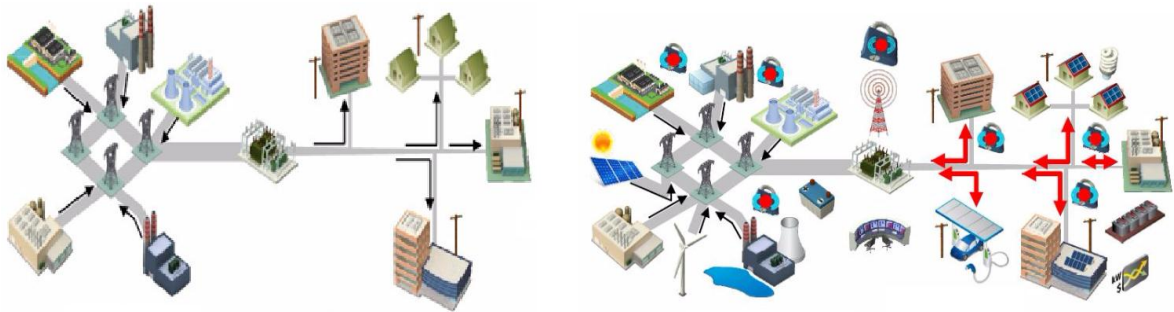


Fuente: “EMPOWERING: Energy Counts” [En línea]. Disponible en: <http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/j-EMPOWERING-Project-Solution.pdf> [77].

## 7. ESTADO DEL ARTE DE LAS SMART GRIDS EN COLOMBIA

Las *Smart Grids* toman un especial protagonismo que, de acuerdo con los expertos, se diferencian de las redes tradicionales porque facilitan que por la red eléctrica se puedan transmitir, además de energía, información y datos, que satisfacen la demanda de los usuarios, con una infraestructura que comprende sistemas de gestión, control, protección de fallas, seguridad y privacidad entre otros, lo anterior es ilustrado en la Figura 23.

Figura 23. Red eléctrica Actual vs. Red eléctrica Inteligente.



Fuente: "Colombia Inteligente: Avances de las Redes Inteligentes" [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiainteligente.com.co/Memorias%20Eventos/Presentacion%20ICOL%20ANDESCO%20UPME%20180213%20final.pdf> [78].

Colombia Inteligente, es una iniciativa comprometida con un programa de energía sostenible, donde todos los sectores hagan uso eficiente de los recursos energéticos preservando el medio ambiente y logrando niveles adecuados de calidad. Todo en concordancia con políticas, estrategias, planes, acciones y servicios que integren diferentes fuentes de energía, redes eléctricas y tecnologías de información y comunicación con una participación activa de la demanda.

Está liderada por los grupos empresariales: EPM, Codensa, Emcali, Epsa, Electricaribe, EEB e Isagen y, centros de desarrollo como Cidet, Cintel y otras entidades sectoriales y el Gobierno Nacional por medio del Ministerio de Minas y

Energía, las cuales han establecido un alianza para avanzar en el proyecto de creación del mapa de ruta para las redes inteligentes en el país, con un costo estimado de 900 mil dólares, de los cuales 500 mil son aportados por el banco interamericano de desarrollo (BID) y lo demás por los distintos actores interesados.

En la Figura 24, se detallan los sectores involucrados en la iniciativa Colombia Inteligente.

Figura 24. Estructura Colombia Inteligente.



Fuente: "Marco Estratégico y Propuesta Proyecto Nacional de Redes Inteligentes en Colombia" [En línea]. Disponible en: [http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc\\_Motivacion\\_RedesInteligentesCol\\_160311.pdf](http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc_Motivacion_RedesInteligentesCol_160311.pdf) [79].

En la primera fase se espera establecer la concepción general de la iniciativa, el mapa de ruta, la formulación de los proyectos que marquen su desenvolvimiento teniendo como referencia las experiencias internacionales y la recomendación de

lineamientos, políticas generales y aspectos regulatorios que promuevan el desarrollo de las Redes Inteligentes en Colombia.

Una segunda fase, en la cual se ejecutarán los proyectos formulados, la incorporación de nuevas tecnologías en todos los sectores, la formación de recurso humano y se espera contar con un marco regulatorio que dé las señales necesarias para la implantación de “redes Inteligentes”.

En la tercera y última fase se espera consolidar la iniciativa haciendo de la eficiencia el eje fundamental para el desarrollo de todos los sectores involucrados. Una Colombia INTELIGENTE es una nación comprometida con un programa de energía sostenible, donde todos los sectores hagan uso eficiente de los recursos energéticos preservando el medio ambiente con niveles adecuados de calidad. En la Figura 25 se muestran las tres fases que buscan desarrollar en el tiempo las acciones previstas, plan de evolución y el campo de acción de esta iniciativa, para dar inicio al camino de las *Smart Grids* con miras a un desarrollo sostenible en el país.

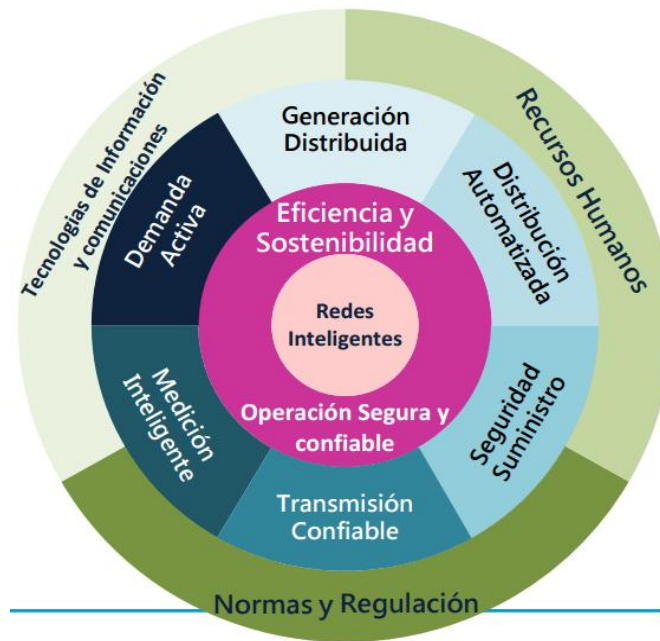
Figura 25. Fases de la iniciativa Colombia Inteligente.



Fuente: “Marco Estratégico y Propuesta Proyecto Nacional de Redes Inteligentes en Colombia” [En línea]. Disponible en: [http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc\\_Motivacion\\_RedesInteligentesCol\\_160311.pdf](http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc_Motivacion_RedesInteligentesCol_160311.pdf) [79].

En la Figura 26, se ilustra el campo de acción principal dentro del cual se propone adelantar acciones concretas para el desarrollo del sistema eléctrico, dentro de un concepto de eficiencia y sostenibilidad buscando una operación segura y confiable.

Figura 26. Principales campos de acción de Smart Grid [79].



Fuente: “Marco Estratégico y Propuesta Proyecto Nacional de Redes Inteligentes en Colombia” [En línea]. Disponible en: [http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc\\_Motivacion\\_RedesisnteligentesCol\\_160311.pdf](http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc_Motivacion_RedesisnteligentesCol_160311.pdf) [79].

Como se puede apreciar, el campo de acción involucra toda la cadena productiva desde la generación hasta el uso final y por lo tanto requiere para su desarrollo de todo el sector eléctrico.

La iniciativa “Colombia Inteligente” justifica mediante cinco aspectos, el por qué es recomendable adoptar las *Smart Grid*: ¿Por qué debemos volvernos Inteligentes?

- El sistema eléctrico tradicional ha venido creciendo, volviéndose cada vez más complejo.

- La gestión en cada una de las áreas se hace más difícil requiriéndose incorporar nuevas tecnologías en sistemas, equipos y conocimiento.
- Demanda pasiva: Poco contacto con el usuario final (una vez por mes (factura) o cuando experimentan problemas (reclamos)). No es agente activo en el mercado de energía.
- El almacenamiento de energía se está volviendo una realidad.
- Nuevas tecnologías a ser aprovechadas en los sistemas eléctricos [79].

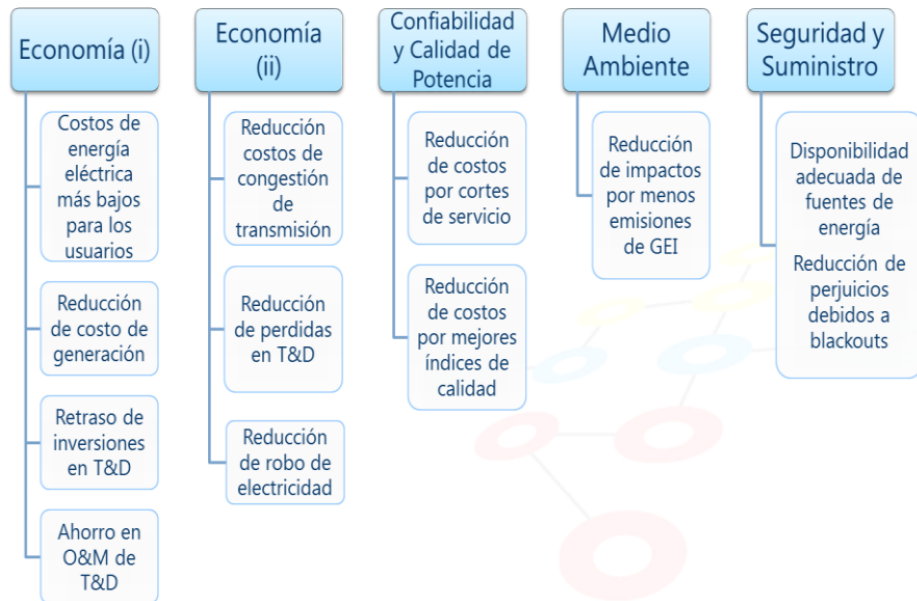
En XM, clasificaron los factores que favorecen y motivan la adopción de “*Smart Grids*” y los separaron de la forma como se muestra en las Figuras 27 y 28.

Figura 27. Factores Motivadores de las Redes Inteligentes.

EE.UU.		EUROPA		BRASIL/LATAM	
<b>ECONÓMICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estímulos</li> <li>• Creación de empleo</li> <li>• Emprendimiento tecnológico</li> </ul>	<b>ENERGÍA LIMPIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia</li> <li>• Energías renovables y generación distribuida</li> <li>• Vehículos eléctricos</li> </ul>	<b>OPERATIVAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar medidores viejos</li> <li>• Pérdidas no técnicas</li> <li>• Reducir costos de lectura</li> </ul>
<b>OPERATIVAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir OPEX</li> <li>• Mejorar gestión de activos</li> </ul>	<b>LIBERALIZACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desregulación</li> <li>• Competencia</li> <li>• Innovación en el servicio</li> </ul>	<b>SEGURIDAD ENERGÉTICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> </ul>
<b>CONFIABILIDAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar SAIDI/SAIFI</li> <li>• Manejar tormentas</li> </ul>	<b>MERCADOS INTEGRACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado eléctrico europeo</li> <li>• Super-red europea</li> </ul>	<b>LIBERALIZACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifas dinámicas</li> </ul>
<b>SEGURIDAD ENERGÉTICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Gestión de picos de demanda</li> <li>• Integración de ER y VE</li> </ul>	<b>OPERATIVAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir OPEX</li> <li>• Mejorar Gestión de activos</li> </ul>	<b>ENERGÍA LIMPIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energías renovables</li> </ul>

Fuente: “*Colombia Inteligente: Avances de las Redes Inteligentes*” [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiainteligente.com.co/Memorias%20Eventos/Presentacion%20ICOL%20ANDESCO%20UPME%20180213%20final.pdf> [80].

Figura 28. Resultados y Beneficios Esperados en Colombia.



Fuente: “Colombia Inteligente: Avances de las Redes Inteligentes” [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiainteligente.com.co/Memorias%20Eventos/Presentacion%20ICOL%20ANDESCO%20UPME%20180213%20final.pdf> [80].

## 8. PROPUESTA DE EMPODERAMIENTO EN COLOMBIA

A partir del Plan Nacional de desarrollo (2014-2018 “*Todos por un nuevo país* es construir una Colombia en paz, equitativa y educada), y que en el ámbito de energía tiene como objetivos, la inclusión coherente en las tecnologías de la información y las comunicaciones, acceso a energías sostenibles bajas en carbono y proteger y asegurar el uso sostenible, mejorando la calidad y gobernanza ambiental. En el país se han venido abriendo caminos hacia nuevos programas, proyectos, ideas e iniciativas que apuntan al uso racional y eficiente de la energía eléctrica, tal es el caso de los programas “Colombia inteligente” y “Colombia avanza” que pretenden fomentar la creación de capacidades y conocimiento para el desarrollo de las redes inteligentes, promover la política, la regulación y la normalización para la implementación de las *Smart Grid*, propiciar las alianzas estratégicas con otros sectores de la economía e identificar fuentes de financiación para el desarrollo de iniciativas, pilotos y proyectos de redes inteligentes.

A continuación, se hablará sobre las crisis energéticas que ha tenido que atravesar el país debido a la falta de apoyo a nuevas opciones de energía como los son las no convencionales especialmente las de carácter renovable que respaldarían la red eléctrica y cuidarían el medio ambiente acabando con fuentes contaminantes, para luego, basados en las iniciativas existentes en otros países y artículo científicos, proponer una adaptación de dichas ideas al sistema eléctrico colombiano. Esto implicaría cambios en la parte técnica, política, económica y cultural de esta sociedad.

## **8.1 ACTUAL CRISIS ENERGÉTICA EN COLOMBIA (2016)**

El sistema eléctrico colombiano, goza de una muy buena posición en los rankings internacionales debido a que es amigable con el medio ambiente (es el octavo mejor sistema eléctrico del mundo según el último ranking del foro económico mundial y el 18 en el Consejo Mundial de Energía). El 80% de la energía que se genera en el país viene de hidroeléctricas, solo el 20% proviene de quemar petróleo, gas o carbón.

Lo anterior, desafortunadamente es una desventaja y una muestra de esto, fue el apagón en el año 1992 en el gobierno de Gaviria, la razón de este evento fue debido al fenómeno del niño que afectó las condiciones hidrológicas y los niveles de los embalses disminuyeron desfavorablemente. En el año 2001 y 2009, también se presentaron complicaciones debido a los fenómenos climáticos del niño [81].

El primer apagón se presentó debido la falta de hidroeléctricas para soportar la demanda y además las obras de la gran hidroeléctrica El Guavio estaban retrasadas, esto hacia que el sistema fuera muy frágil. Luego de esto, se hizo una reestructuración del sistema, permitiendo la participación de inversionistas privados en el sector eléctrico.

Todo eso creó un mercado libre de compra y venta de energía, que en su gran mayoría funciona a través de contratos directos entre los generadores y los distribuidores, a dos o tres años. El resto, más o menos el 15 por ciento de toda la energía eléctrica, la negocian en una bolsa, un precio que también sirve de referencia para los contratos directos.

A pesar de esos cambios, se le ha seguido apostando a la energía que viene de los embalses de agua. Por eso las grandes inversiones han sido en represas

como El Quimbo en el Huila, Urrá en Antioquia o Hidro-Sogamoso en Santander, mientras que el incentivo a las centrales más pequeñas o a energías alternativas como la eólica o la solar aún es marginal. Y por eso el sistema sigue siendo frágil ante fenómenos climáticos como el Niño y el cambio climático.

Esto obligó al gobierno a poner en marcha un “plan B”, el cual consistió en llevar las termoeléctricas las cuales estaban a media marcha, a generar su potencia máxima, pasando de producir un 20 o 25% a producir el 50% de la energía total apoyadas por la hidroeléctrica El Quimbo, entrando así otro tipo de mercado relacionado con los combustibles de las termoeléctricas.

Temporalmente el problema del apagón desapareció, pero el 15 de febrero del año en curso, se presentó un incendio en la central hidroeléctrica Guatapé, causando daños graves en las turbinas, perdiendo así el país un 10 por ciento de energía. Dos semanas después, Termoflores en Barranquilla deja de generar 230 Megavatios debido a un daño en una de las unidades de generación perdiendo 4 por ciento más de la energía.

Debido a estos imprevistos, el gobierno nacional se vio obligado a comprarle energía a Ecuador. Junto con esta iniciativa, el gobierno nacional puso en marcha la campaña para el ahorro de energía eléctrica en todo el país “Apagar Paga” que consistía en:

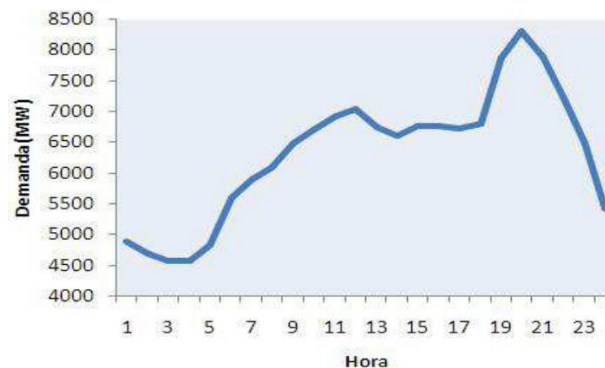
- Ahorrar diariamente un mínimo del 5% de energía.
- Premiar el ahorro de energía de manera que el cliente que ahorre 1 peso en el consumo promedio, recibe 1 peso a favor en su factura.
- Castigar el desperdicio de energía, cobrándole al cliente un peso más por cada peso que exceda en su consumo promedio.

Con base en los decretos 029 y 039 de la CREG, el 12 de abril de 2016, la empresa Codensa, da un nuevo paso y decide implementar una nueva medida

para incentivar el ahorro de la energía, la cual llamó “TARIFA DIFERENCIAL”, con la que comenzará a calcular el costo de los kW/h que cada cliente ahorre o consuma en exceso. A manera de crítica, sería más adecuado llamar a esta medida “TARIFA DE PENALIZACIÓN”. Basados en los modelos europeos, el concepto de tarifa diferencial es cuando el precio de la energía va cambiando según la hora del día y el cliente es consciente del valor en ese preciso momento, pero no hay límite a su consumo pues el usuario sabe que le está costando más o menos según el caso [82]. “Para la implementación de la tarifa diferencial en el país, se hace necesaria la implementación de *Smart Meter* como los de la estructura AMI que cuentan con las herramientas que permitan registrar el momento del día en que se realizó determinado consumo”.

La Figura 29, es una curva de demanda diaria de energía eléctrica de usuarios residenciales de estrato 3 y 4, se puede ver que se tienen horas en las que la demanda es pico, por lo que es necesario que los consumidores (usuarios) y las empresas encargadas de generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica, trabajen conjuntamente para así lograr reducir la demanda diaria de energía en las horas en que se presentan estos picos, siendo estas horas en las que la electricidad presenta mayores costos y se utilizan tecnologías menos eficientes y ambientalmente inadecuadas.

Figura 29. Demanda diaria de Electricidad en Colombia.



Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 2-4. [83].

Es evidente que en Colombia se necesita una nueva reestructuración en la red eléctrica, políticas e iniciativas que apoyen proyectos de energías no convencionales principalmente las de carácter renovable, así como también presentar propuestas para el cambio de medidores de energía y montaje de redes de comunicación adecuadas para facilitar la comunicación bidireccional entre el usuario y el operador de red. La problemática de la demanda cambiante y los elevados picos en la curva de demanda de electricidad, obligan a realizar fuertes inversiones en infraestructuras para poder suplir dicha demanda en los cortos periodos de tiempo en los que se da, lo que conlleva a que se deba tener gran capacidad instalada solo para periodos cortos del día.

Para lograr la correcta administración de los recursos es necesaria la implementación de nuevas tecnologías y metodologías que ayuden en esta tarea y permitan tener un control y monitorización del estado del sistema en tiempo real. La penetración y adición al sistema de componentes inteligentes se hace necesaria, pues estos son el medio para optimizar el uso de las redes de suministro de energía eléctrica y tener un mayor control por parte del usuario gracias a la información en tiempo real de sus consumos, precios de la energía eléctrica, proyecciones de demanda y costos, entre otros [84].

A continuación, se presentará la propuesta de implementación de un modelo de empoderamiento que inicialmente se basa en el artículo IEEE escrito por Ruby Elena Castellanos y Paulo Millán titulado “*Design of a Wireless Communications Network for Advanced Metering Infrastructure in a Utility in Colombia*”<sup>43</sup>, el cual debe ser implementado en todo el país. Seguidamente se definirán otros aspectos, que de igual forma, se hace importante aplicarlos en Colombia para garantizar una propuesta sólida que conduzca al empoderamiento del usuario de la energía.

---

<sup>43</sup> *Design of a wireless communications network for advanced metering infrastructure in a utility in Colombia*. Ruby Elena Castellanos, Paulo Millán. COLCOM. IEEE. 2012. [Online]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6233649>

Cada una de esas ideas e iniciativas son basadas en experiencias internacionales con resultados demostrados.

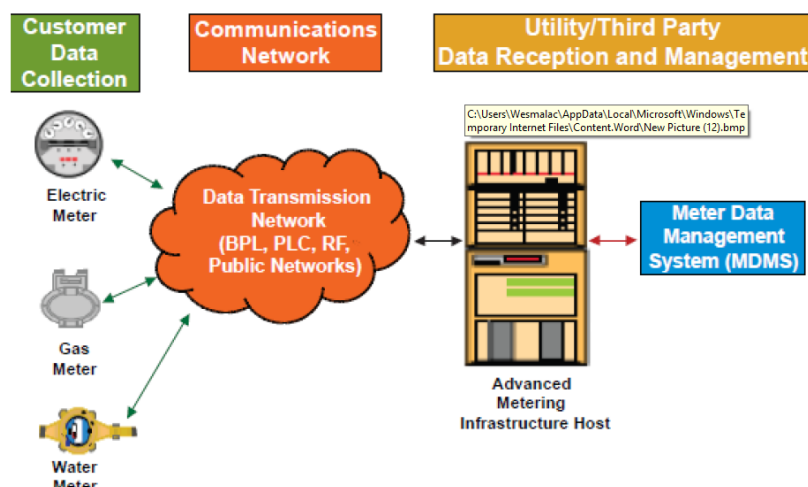
## 8.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA AMI EN COLOMBIA

La infraestructura de medición avanzada (AMI), fue definida por la comisión federal de regulación energética (FERC) como “Un sistema que recoge parámetros como la información del consumo de los usuarios cada hora o más frecuentemente y provee transmisión de los mismos mediante una red de comunicación a un punto de recolección de datos, diariamente o con más frecuencia”. Esta definición implica la introducción de una nueva tecnología al sistema de potencia en todos los niveles con requerimientos específicos como:

- Dispositivos digitales de recolección de datos equipados con comunicación bidireccional.
- Red de comunicación.
- Manejo y almacenamiento de datos.

La Figura 30, muestra el diagrama de bloques de la infraestructura AMI.

Figura 30. Diagrama de bloques de una AMI, Advanced Metering Infrastructure.



Fuente: “AMI: Advanced Metering Infrastructure” [En línea]. Disponible en: <http://www.indiasmartgrid.org/Advanced-Metering-Infrastructure.php?m=3&y=2016> [85].

En Colombia, existen 2 tipos de usuarios, los regulados y los no regulados, de los cuales, la gran mayoría son del primer grupo y son de tipo residencial que tienen una tarifa estándar establecida y los clientes no regulados son principalmente plantas industriales y fábricas con una demanda máxima superior a 2 MW, que gozan de una elección libre en su tarifa.

Un enfoque importante de este tema, es establecer una serie de programas apoyados por un sistema en el que el usuario tiene una participación activa, acomodándose a lo que se ha llamado la respuesta de la demanda, en la cual se permite al usuario, ajustar el perfil de carga aprovechando precios bajos en el mercado de la energía (fijando tarifas en tiempo real). “Para llegar a esto, primero habría la necesidad de modificar el modelo de mercado de energía eléctrica en Colombia, optando por ejemplo lo que en España se conoce como tarifa diferencial.

Colombia básicamente dio el primer paso hacia la idea de proponer un modelo de tarifa diferencial y fue a través de la CREG y la resolución 029 del 7 de marzo del 2016 en la que se define un esquema de tarifas diferenciales para establecer los costos de prestación del servicio de energía eléctrica a usuarios regulados en el SIN para promover el ahorro voluntario de energía. Esta es una medida que no garantiza nada sobre el compromiso del usuario a hacer un uso racional y eficiente de la energía debido a que es algo voluntario por parte del mismo y mientras no se vea afectado económica y culturalmente, el país no tomará conciencia real sobre la importancia de ahorrar energía.

La plataforma para implementar estos programas es la AMI a través del medidor de lectura automatizada “AMR”. AMI, mejora el intercambio de información de extremo a extremo con un canal de comunicación bidireccional. Lo cual permite nuevas aplicaciones para los sistemas de gestión de la demanda “DMS”.

Los componentes básicos de un sistema AMI son:

- El *Smart Meter* (SM).
- La unidad de recogida de datos (DCU).
- El centro de gestión de Medición (MMC).
- La red de comunicación [86].

A continuación, se explicará brevemente estos componentes:

El SM se compone de una gama de servicios configurables, los cuales son: procesamiento y almacenamiento de datos, capacidades de los registros de energía y las tarifas.

Los fabricantes ofrecen distintas opciones de interfaz de comunicaciones a acceso remoto (cable o inalámbrica), que incluye las redes de área local inalámbricas (WLAN) y las redes de área personal inalámbricas (WPAN). También soporte para las tecnologías de red de área extensa (WAN) como lo son la WiMAX y GPRS para la comunicación a través de redes celulares o redes propietarias para la transmisión de datos con la MMC.

El MMC controla todo el sistema de medición y es el núcleo del sistema AMI. El MMC interactúa con el operador de red WAN, el DMS, y servicios de la SG, intercambiando información, con el fin de procesar datos de la plataforma de los “*Smart Meter*”.

El DCU, es el equipo a cargo de recordar los datos de medición a partir de un conjunto de contadores inteligentes y enviar la información a la MMC, ejerciendo actualizaciones de tarifas y órdenes de control de las transferencias al SM. El DCU soporta tecnologías WAN/WPAN para la comunicación con el SM, también juega un papel importante en el esquema maestro-esclavo, el control y la coordinación de información de tráfico con un conjunto de contadores inteligentes.

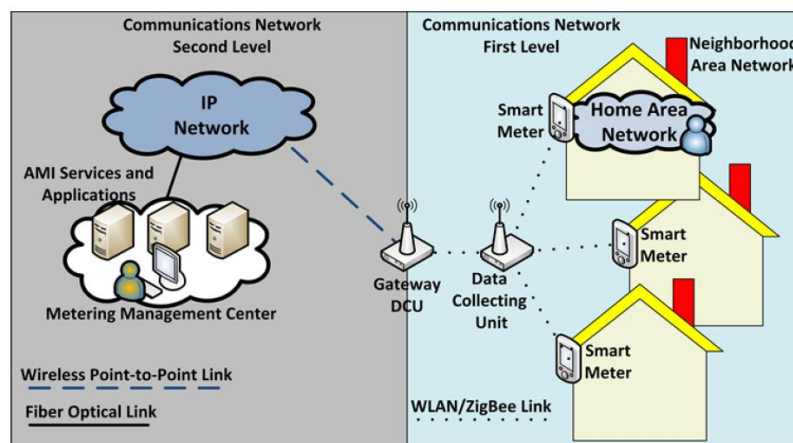
El DCU se puede instalar fácilmente sobre la infraestructura de la red eléctrica existente (postes y subestaciones), para esto se requiere flexibilidad e interoperabilidad en la red para cambios futuros, esto se puede lograr “según la SG”, operando bajo el protocolo de internet “IP”.

Las tecnologías WiFi y ZigBee<sup>44</sup> tienen la gran ventaja de ser bajo costo, fácil implementación y rápida, necesitando de mínima batería reservada para copia de seguridad en caso de presentarse apagones, el único inconveniente sería la interferencia con dispositivos que trabajan en la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*).

En el tema de seguridad de una red de área local, está la conexión WPA (*WiFi-Protected-Access*) y la WPA2, estas ofrecen seguridad de nivel MAC que se basan en el AES (*Advanced Encryption Standard*) [86].

En la Figura 31, se muestra la arquitectura anteriormente descrita.

Figura 31. Arquitectura de un sistema de comunicaciones AMI.



Fuente: Castellanos, R., Millán, P. *Design of a Wireless Communications Network for Advanced Metering Infrastructure in Colombia*. IEEE. 2012. p. 2-4. [86].

<sup>44</sup> ZigBee: Es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. [Online]. Disponible en: <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/>

Como conclusión, implementar una infraestructura de medición avanzada en Colombia, no se limita solo a la adición de las tecnologías antes mencionadas que se cumplan con sus tareas específicas. También se deben garantizar otros aspectos como la calidad, la eficiencia y la confiabilidad en cada uno de los procesos que realicen.

De manera general, la infraestructura AMI deberá contar con las siguientes características:

- **Interacción bidireccional:** Creando una plataforma interactiva de doble vía, que realice una conexión totalmente personalizada, permitiendo consultas sencillas.
- **Respuesta a la demanda:** Los usuarios podrán elegir planes de gestión de su consumo de energía eléctrica basándose en la lectura en tiempo real brindada por el *Smart Meter*.
- **Acceso a nuevas formas de energía:** Permitirá la inserción de fuentes renovables de energía, favoreciendo la generación distribuida y otras nuevas tendencias como la del vehículo eléctrico.

Reducir los picos en la curva de demanda es uno de los principales objetivos del sector eléctrico. Con la reducción de estos, se tendría una administración de la energía eléctrica de manera más eficiente. Pero esta tarea depende en gran medida de la participación de los consumidores, pues estos son los que deben reducir su consumo o trasladarlo a horas de demanda menor (Davies, 2010), por lo que se debe alentar a estos para que comiencen a usar tecnología avanzada tal como los *Smart Meter* junto con sus respectivas interfaces que permitan al usuario hacer parte de una demanda activa (empoderamiento) [87].

A continuación, se presentan algunas ideas y conceptos que ayudarían en el tema de involucrar al usuario en el uso de la red eléctrica. Soluciones básicas de la arquitectura de comunicaciones:

- *Customer Premise*: Una vivienda individual, un edificio y una empresa, requiere respectivamente una HAN (Home Area Network), una BAN (*Building Area Network*) o una IAN (*Industrial Area Network*). Bajo el título de HAN se agrupan las tres. Una Han es una red de comunicaciones de corto alcance que conecta electrodomésticos y otros dispositivos en el entorno de una vivienda o edificio. Al combinar las HAN con la infraestructura AMI, los consumidores podrán monitorizar el uso de energía eléctrica a través de pantallas instaladas en sus hogares o programar sus termostatos o sistema de aire acondicionado en función del precio de la energía.
- *Última milla (Last mile)*: Son redes de comunicaciones de dos vías tanto inalámbricas como cableadas superpuestas al sistema de distribución de energía eléctrica. Torchia (2011) señala que una parte integral del éxito de *Smart Grid* estará determinado por la capacidad de la red de distribución para soportar cambios en los procesos de negocio que resultan de metas como la eficiencia energética, la respuesta de la demanda, las exigencias regulatorias, así como de la posibilidad de integración de los recursos distribuidos.
- *Backhaul*: Es el sistema que conecta la red WAN a la red de la última milla. Agrega y transporta datos de la red de telemetría de los usuarios finales, parámetros críticos de control de las subestaciones e información de campo de los dispositivos de la red de distribución.
- *Wide Area Networks (WAN)*. Cubren áreas más amplias y por lo general integran varias redes de menor tamaño, que usan diferentes sistemas de comunicación (Lima, 2011; Trilliant, 2009). Se componen de la red de núcleo o red troncal y de la red de área metropolitana (MAN), que en conjunto conectan la mayoría de los servicios de las redes troncales de los distintos proveedores de servicio a lo largo de las líneas de transmisión eléctrica de alta potencia –o usando

radioenlaces—. La elección de una u otra tecnología depende de factores como la confiabilidad, el costo, la seguridad y la infraestructura disponible [88].

### **8.3 SOLUCIONES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL**

Las tecnologías que se describen a continuación, proporcionan la flexibilidad y la capacidad necesaria para el desarrollo competitivo de productos y servicios para ofrecer soluciones a los usuarios y las partes interesadas de la industria en el área de la respuesta de la demanda y soluciones de recursos energéticos distribuidos.

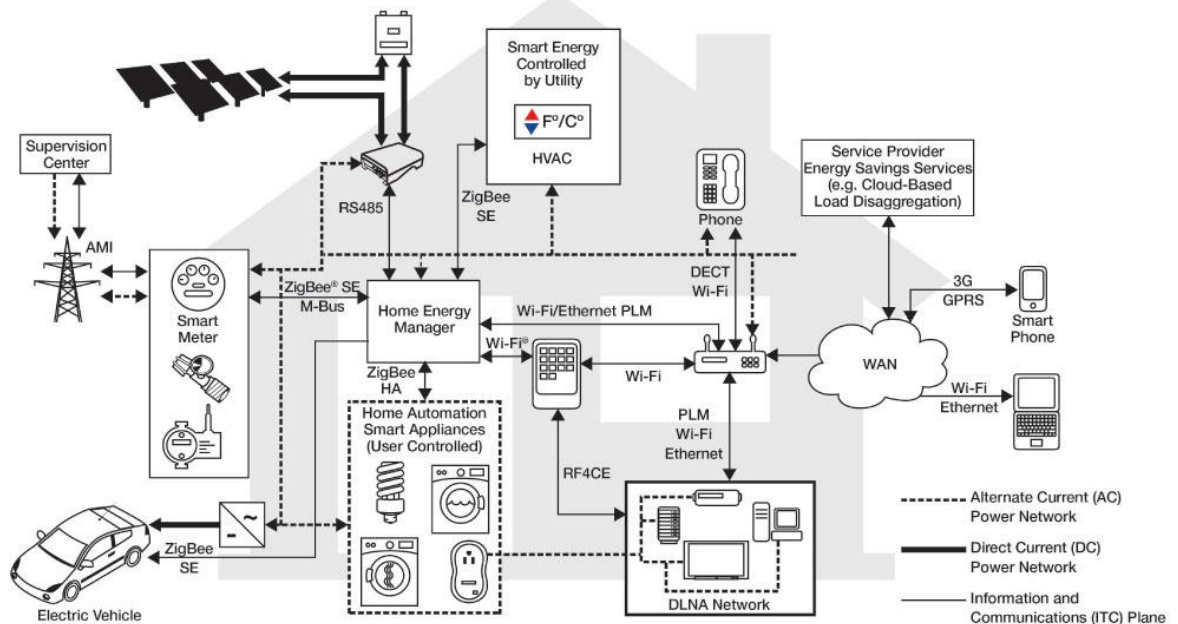
**8.3.1 HEMS (Home Energy Management Systems).** Son los dispositivos de control inteligentes que pueden tomar los datos de un número de fuentes, en este caso los medidores, y tratar de controlar ciertos aspectos del consumo de energía en el hogar. Como se menciona anteriormente este tipo de dispositivos, pueden tomar los datos de la energía eléctrica directamente de los canales de comunicación o desde un dispositivo CAD “*Consumer Acces Device*”. Tales dispositivos pueden entonces controlar directamente las cargas eléctricas específicas o controlar otros aparatos de uso final por mensajería a través del CHAN (*Customer Home Area Network*).

Un escenario de implementación típica para la gestión de energía en el hogar se muestra en la Figura 32. El cuadro de gestión de energía eléctrica en el hogar comprende:

- Recibir la información de los precios de la respuesta a la demanda, a través de la infraestructura de medición avanzada (AMI) y su interfaz de medidores inteligentes para el hogar (o potencialmente a través de la interfaz de banda ancha).

- Supervisar y controlar un conjunto de aparatos habilitados para la demanda de la respuesta (por ejemplo, termostatos, calderas de agua, calentadores).
- Supervisar y controlar un conjunto de aparatos de automatización habilitados para el hogar (por ejemplo, las lavadoras, sistemas de iluminación, etc.).
- Leer las cifras de potencia de los diversos medidores de parámetros eléctricos y cargas de forma periódica.
- Mostrar el análisis (por ejemplo, resultados de desagregación de cargas) en tiempo real a través de pantallas móviles o locales (televisores) [89].

Figura 32. Gestión de la energía eléctrica en el Hogar.



Fuente: "Gestión de la Energía en el Hogar" [En línea]. Disponible en: <http://eecatalog.com/smart-energy/2012/02/23/empowering-consumers-with-home-energy-management-systems/> [89].

El cuadro de gestión de la energía en principio también podría:

- Ejecutar widgets certificados de terceros (por ejemplo, los widgets de ahorro de energía).

- Monitorizar la producción de micro-unidades de generación.
- Supervisar la carga de vehículos eléctricos [89].

En el contexto de gestión energética residencial, la velocidad de transferencia de la red de comunicación no es un hecho crítico. Las redes de comunicaciones deben satisfacer dos necesidades: la primera es la lograr comunicación de los dispositivos dentro de la casa y la segunda es conectar el hogar inteligente con la red de distribución [90].

**8.3.2 UHAN Red de comunicaciones en el hogar (*Utility Home Area Network*).** Es un protocolo de comunicaciones inalámbricas estándar abierto que permite la transferencia de datos entre los medidores de servicios inteligentes y dispositivos específicos de forma segura emparejados en el hogar. Tales comunicaciones garantizan un conjunto de datos para minimizar la posibilidad de cualquier “*non-communication*” de los dispositivos emparejados con el UHAN.

**8.3.3 CHAN Red de área del usuario (*Customer Home Area Network*).** El CHAN es una tecnología de comunicación determinada por el consumidor, proveedor o un tercero, que permite la comunicación entre dispositivos dentro del hogar. Tales aplicaciones pueden incluir el suministro de datos a otros dispositivos de visualización de consumo elegido, o instrucciones para uso final (por ejemplo, para soluciones de gestión de energía en el hogar).

**8.3.4 Visualizadores en casa (*IHD- “In Home Displays”*).** El fin de estos elementos es presentar la información que, junto con las herramientas antes mencionadas, proporcionan la base a los consumidores para gestionar su consumo energético y las facturas de manera más eficaz.

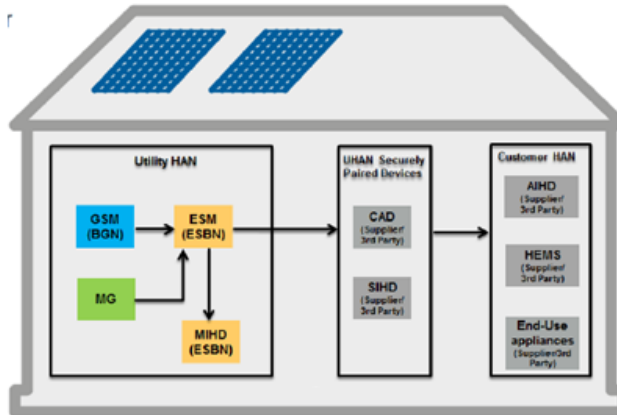
Estos denominados “*Displays in home*” podrían tomar la forma de un dispositivo dedicado o un dispositivo de consumo existente (por ejemplo: TV, ordenador

portátil, Tablet, teléfonos inteligentes, etc.) con una interfaz adecuada para capturar los datos de parámetros relacionados con la gestión energética, puestos a disposición sobre el UHAN. Cualquier entrada / adquisición de la tarifa requerida, información / precio y el cálculo de los datos de costos, se supone que es una función de la misma o de los sistemas de apoyo IHD, y puede ser puesto a disposición por las comunicaciones en el hogar.

**8.3.5 Supplementary IHD (SIHD).** Este dispositivo, estaría dedicado a cumplir con los requisitos de seguridad de los datos facilitados por el medidor, sólo a dispositivos autorizados. Todos los *SIHD* tendrán que ser emparejados con seguridad de la misma forma que el *IHD*.

**8.3.6 CAD “Consumer Acces Device” Acceso a dispositivos de consumo.** Dispositivos de lectura de datos que pueden ser proporcionados por el consumidor, proveedor o tercero. Ellos reciben datos directamente del “medidor de datos en el hogar”, por lo tanto, requieren de emparejamiento seguro con el medidor a través de la UHAN. Estos CAD podrían ser dispositivos de puente " simples" que pueden convertir los datos de energía a partir del protocolo UHAN a un formato alternativo para el suministro a otros dispositivos; o, por ejemplo, podrían ser las soluciones de gestión de energía que procesan los datos de consumo para determinar el uso óptimo de los dispositivos de uso final y darles instrucciones específicas [91]. La Figura 33 ilustra la estructura descrita previamente:

Figura 33. Estructura de los dispositivos de comunicación.



Fuente: “Dispositivos en el hogar” [En línea]. Disponible en: <http://www.cer.ie/docs/000699/CER14046%20High%20Level%20Design.pdf> [91].

#### 8.4 RETOS TÍPICOS EN UNA SMART GRID

Hace una década los debates se centraban en los AMR móviles frente a los fijos. Ahora la cuestión es más complicada, con opciones que abarcan líneas de alta tensión y de banda ancha y con tecnologías inalámbricas como WiMAX, 3G y 4G, que son aplicaciones de rápida maduración, sin contar la interoperabilidad con las denominadas redes HAN en el lado del usuario final. A continuación, se listan los retos a los que se enfrenta la implementación de una *Smart Grid*.

##### Retos técnicos

- Sistemas de comunicación. Los medios de comunicación y el desarrollo de protocolos de comunicación están en diferentes etapas de madurez. La red inteligente debe ser lo suficientemente robusta para dar cabida a los nuevos medios que emerjan de las industrias de comunicaciones, y al mismo tiempo mantener sistemas interoperables y seguros.
- Gestión de datos. Asociados a todos los aspectos de recolección, análisis y almacenamiento de datos, que surgen por información y aplicaciones de usuarios, incluidas cuestiones de identificación, validación, actualización en el tiempo, etc.

Los métodos de gestión de esa gran cantidad de datos son un factor a tener en cuenta, tanto porque se han convertido en la tarea más difícil y la que más consume tiempo en la mayoría de las funciones.

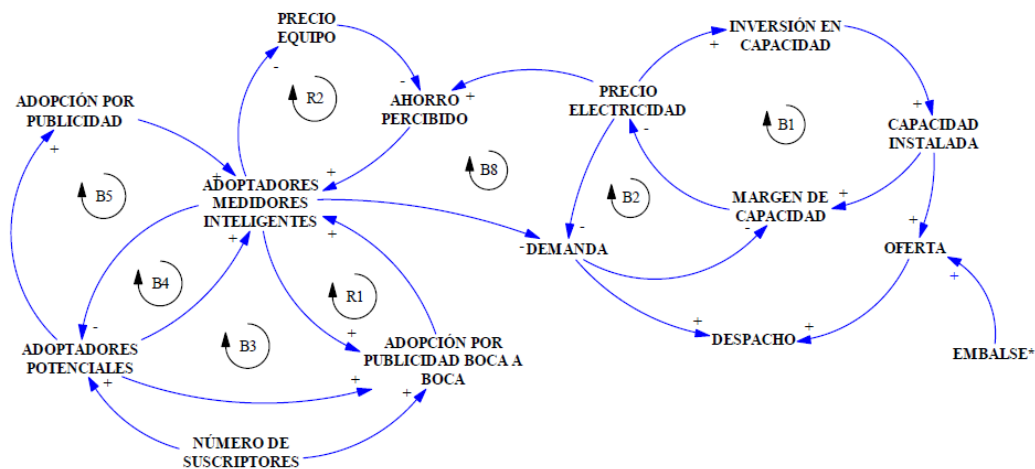
- Seguridad cibernética. La seguridad cibernética, como se mencionó, se refiere a la prevención de daños, al uso no autorizado, a la explotación y a la restauración de información electrónica en los sistemas de comunicaciones y los servicios, incluida la información contenida en ellos, para garantizar su confidencialidad, integridad y disponibilidad.
- Información y confidencialidad de los datos. La protección y la gestión de la privacidad es una preocupación importante en un sistema ampliamente interconectado de sistemas que son representados por una *Smart Grid*. Además, se debe asegurar la presencia de varios niveles de acceso, ya que diferentes *stakeholders* tienen variedad de privilegios de acceso a la información de la red inteligente.
- Aplicaciones de software. Las aplicaciones van desde algoritmos de control de bajo nivel para el procesamiento de transacciones masivas. Los requerimientos de las solicitudes son cada vez más sofisticados y se dirigen a resolver problemas cada vez más complejos, demandan datos cada vez más precisos y oportunos, y deben dar resultados muy rápidos con la menor incertidumbre. Las aplicaciones de software son el núcleo tanto de cada función como de la *Smart Grid*.
- Problema de almacenamiento de energía. La falta de opciones de almacenamiento, ha afectado a los operadores de servicios por generaciones. Obligados a proporcionar un suministro constante de energía para satisfacer la constante demanda, han recurrido al costoso e ineficaz método de ajuste por plantas o centrales que usan combustibles fósiles que se activan durante los períodos de alta demanda [92].

## 8.5 POLÍTICAS INVOLUCRADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA *SMART GRID*

Hacer grandes cambios en las costumbres, en este caso, cambiar una red eléctrica que se ha mantenido durante muchos años, por una nueva propuesta de estructura de red denominada “*Smart Grids*” requiere de mucho trabajo, tiempo y dinero desde la generación de la energía eléctrica hasta su uso final e involucraría distintas variables para este proceso. Los estudiantes Natalia Castaño y Carlos J. Franco de la Universidad Nacional de Medellín, presentaron una formulación de políticas para la penetración de las *Smart Grid* en Colombia por medio de una metodología denominada “Dinámica de Sistemas”, la cual permite estudiar el comportamiento de estos sistemas, evaluar y comparar posibles políticas en las cuales se plantean alternativas de sucesos futuros.

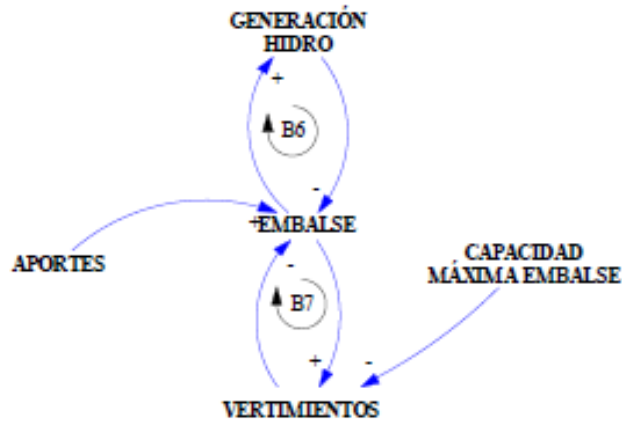
Debido a que este caso de aplicación tiene un alto componente social, propusieron un diagrama causal con una dinámica continua en el tiempo que involucra diferentes componentes que entran a jugar un papel importante en dicho estudio. Las Figuras 34 y 35 muestran dos de los diagramas causales propuestos.

Figura 34. Diagrama causal de una Smart Grid.



Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 3 - 5. [93].

Figura 35. Diagrama causal – Ampliación del embalse.



Fuente: Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 3 - 5. [93].

- En el ciclo R1 está compuesto por: Adoptadores basados en Medidores Inteligentes y Adopción por publicidad Boca a Boca. Este modela la forma en la que un aumento en la adopción por publicidad boca a boca provoca un aumento en el número de adoptadores en medidores inteligentes.
- En el ciclo R2 se muestra como cambios en el precio del equipo, provoca cambios en el ahorro percibido.
- El ciclo B1 muestra como es la actividad en la inversión en capacidad dependiendo del precio de la energía eléctrica, y como a más capacidad, el precio de la energía eléctrica es menor.
- El ciclo B2 se ve influenciado por el precio de la energía eléctrica, pues si este incrementa la demanda se ve afectada.
- En el ciclo B3 muestra que, si en el sistema hay más cantidad de adoptadores potenciales, la publicidad por boca a boca aumentará, lo cual provoca que los adoptadores de medidores inteligentes tengan un aumento.

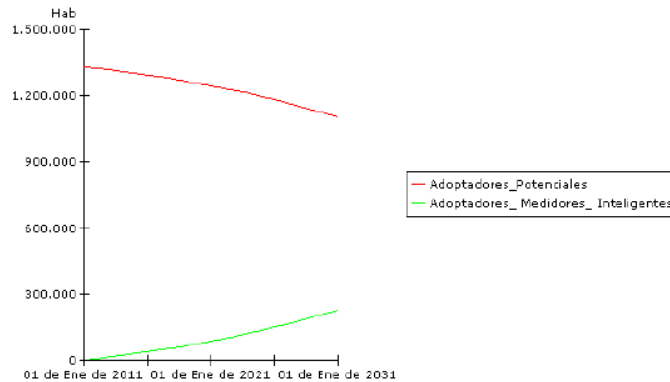
- En el ciclo B4 interactúan las variables Adoptadores de medidores inteligentes y Adoptadores potenciales. En este se puede observar que a medida que aumenta el número de adoptadores de medidores inteligentes disminuyen los adoptadores potenciales y mientras los adoptadores potenciales sean mayores, el número de adoptadores aumentará.
- El ciclo B5 muestra que a mayor número de adoptadores potenciales los esfuerzos por adopción por publicidad serán mayores, lo cual provoca que el número de adoptadores de medidores inteligentes sea mayor.
- El ciclo B6 representa la restricción de la generación hidráulica, pues solo se puede generar si hay agua en el embalse.
- El ciclo B7 muestra como los vertimientos aumentan si la cantidad de agua en el embalse es muy alta.
- El ciclo B8 representa el cambio en la demanda gracias al aumento en los adoptadores de medidores inteligentes, este cambio en la demanda produce a su vez cambios en el precio de la energía eléctrica y en el ahorro percibido por el usuario [93].

Finalmente mostraron algunos resultados obtenidos de unas simulaciones junto con ciertos supuestos para 3 escenarios distintos, los cuales se detallan a continuación:

**Escenario 1 “Caso Base”:**

- Cada familia tiene un *Smart Meter*.
- Una familia está compuesta en promedio por tres personas.
- No existe un ahorro percibido por parte de los adoptadores potenciales debido a que no hay un apoyo económico del gobierno.

Figura 36. Comportamiento del modelo en el escenario base.



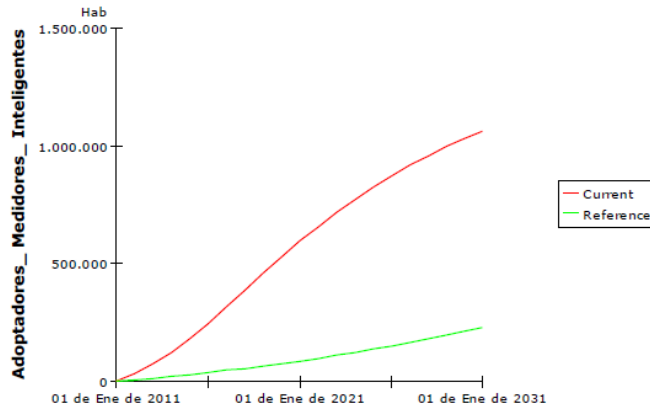
Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 3 - 5. [93].

En la Figura 36, se observa que el número de adoptadores de los medidores inteligentes de la nueva tecnología es muy poco debido a que no hay apoyo económico por parte del gobierno lo que provoca que las personas no vean un ahorro al comprar estos dispositivos.

**Escenario 2 “Escenario con descuento en las facturas de los adoptadores”:**

En este escenario se considera un descuento del 25% en las facturas de energía eléctrica del usuario. La Figura 37 muestra que en este escenario hay una lenta adopción de la tecnología en un principio y luego un crecimiento exponencial para finalmente lograr un equilibrio. Para este escenario, la cantidad de adoptadores de medidores inteligentes es mucho mayor.

Figura 37. Comportamiento del modelo en el escenario 2 vs. Escenario base.

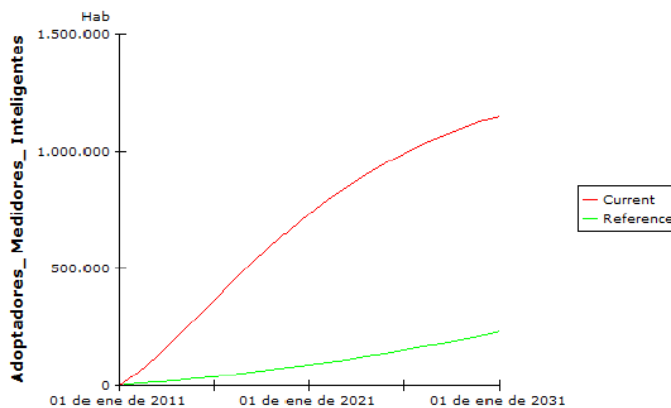


Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 3 - 5. [93].

En la anterior figura, se observa una lenta adopción de la tecnología en un principio y luego un crecimiento exponencial para finalmente lograr un equilibrio. Para este escenario la cantidad de adoptadores de medidores inteligentes es mucho mayor.

### Escenario 3 “Descuento del 20% en las facturas y del 30% en el precio de los medidores”:

Figura 38. Comportamiento del modelo en el escenario 3 vs. Escenario base.



Fuente: Castaño, N; Franco, C. *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia*. UNAL. 2011. p. 3 - 5. [93].

En la Figura 38 se observa que, por medio de esta política, la penetración de la tecnología se realiza de una forma más rápida y es viable durante el tiempo de simulación con relación al crecimiento rápido de adoptadores de esta tecnología y un mayor número de adoptadores de *Smart Meter*.

Algunas conclusiones del comportamiento de estos escenarios son las siguientes:

- Es necesario el estudio del comportamiento de los consumidores respecto a las *Smart Grid*, pues se consideran un componente activo de la red, debido a que puede influenciar en una mejora del sistema.
- Ofrecer incentivos económicos a los usuarios que adopten nuevas tecnologías de *Smart Grid*, aumenta la cantidad de adoptadores de estas políticas [93].

## 8.6 EDUCACIÓN DEL CONSUMIDOR

A medida que nuevas oportunidades para la gestión de energía emergen, los reguladores y las autoridades deben actualizar y mejorar los esfuerzos de educación del consumidor. El número de nuevas alternativas y opciones inicialmente puede resultar desalentador para algunos consumidores, pero para asegurar una transición exitosa a una red inteligente, los consumidores necesitarán comprender la transición y las nuevas opciones que enfrentan<sup>45</sup>.

Las políticas estatales y los reguladores deben evaluar mejor los medios para garantizar que los consumidores reciban una información significativa y la educación sobre tecnologías de redes inteligentes y opciones. Idealmente, estos esfuerzos van a crear un historial de transparencia y capacidad de respuesta, responder a las preocupaciones de los consumidores, incluyendo la privacidad de datos, y explicar claramente las oportunidades y salvaguardias que caracterizan a

---

<sup>45</sup> "Los clientes quieren opciones, por lo que les permite seleccionar entre los diferentes caminos para ajustar su uso... este será un beneficio importante de la red inteligente."

los proyectos de *Smart Grid* para ayudar a tomar decisiones informadas a los usuarios.

La educación y la comunicación sobre los dispositivos de consumo y aplicaciones pueden capacitar a los consumidores a tomar decisiones que reflejen su costo, comodidad y preferencias ambientales. Aunque las personas no tienen mucho conocimiento de las tecnologías de *Smart Grid*, son cada vez más abiertos a lo que ofrecen las posibilidades de estas nuevas tecnologías de *Smart Grid* y quieren saber más acerca de ello.

## **8.7 ACCESO OPORTUNO A LOS DATOS DE ENERGÍA**

Los datos de uso de energía pueden ayudar a los consumidores a detectar el mal funcionamiento de los aparatos, proporcionar información a los dispositivos de *Smart Grid* que pueden aportar en la eficiencia energética, y ayudar a los consumidores a reducir sus facturas.

Los usuarios deben tener acceso y control sobre sus propios datos detallados de uso de energía eléctrica. En particular, el acceso y control sobre los datos de consumo de energía (incluyendo, al menos, el uso y los datos de precios) y la posibilidad de autorizar el acceso de datos para las aplicaciones de terceros de su elección.

Para acceder a los datos de uso de energía eléctrica por parte de los consumidores, se deben considerar los aspectos que se describen a continuación [94].

**8.7.1 Accesibilidad a Internet.** Los consumidores deben tener la oportunidad de acceder de forma segura a sus datos de consumo de energía eléctrica a través de internet. Dado el potencial de innovación de poder ver los datos de energía

eléctrica disponibles en internet y la oportunidad de ayudar a la mayoría de los consumidores en el período más corto de tiempo, el servicio de red eléctrica debe considerar cómo avanzar en este principio.

**8.7.2 Acceso oportuno a los datos.** Los datos de uso de energía eléctrica e información de precios que está disponible con un mínimo de retraso apoya el desarrollo de una variedad de aplicaciones interactivas, como respuesta a la demanda. Algunas innovadoras tecnologías de consumo que se están desplegando actualmente como Empowering, Energy Counts, utilizan el uso de datos en tiempo real, visualizando la información que muestra la factura de energía eléctrica al día.

Las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica varían en su progreso hacia la resolución, la asignación de costos y los obstáculos técnicos para activar políticas "redes de área doméstica" y otras tecnologías que pueden proporcionar datos casi en tiempo real directamente desde el medidor. Cuando sea posible, el estado debe alentar a las empresas para que los datos en tiempo real de los medidores sean accesibles a los consumidores a través de interfaces abiertas y estándares reconocidos a nivel nacional, de manera segura y no discriminatoria [94].

**8.7.3 Lectura de datos en formato estándar.** Garantizar que los datos de uso de energía eléctrica se proporcionen en formatos estandarizados como los nombrados anteriormente, los cuales son registrados y legibles por la compañía prestadora del servicio de energía eléctrica, permitiendo maximizar el acceso de los consumidores a la información por lo que les permite seleccionar el sistema de gestión de energía eléctrica que mejor se adapte a sus necesidades.

Esto facilitaría un modelo normalizado para el intercambio de uso de energía y la información de costos entre las diferentes partes y dispositivos que es la base

para el intercambio de información directamente desde el medidor hasta aparatos domésticos.

**8.7.4 Autorización de acceso a terceros.** Permitir a los consumidores la restricción del acceso de sus datos a terceros y ofreciéndole al usuario, opciones para seleccionar las aplicaciones que satisfagan sus necesidades. Por ejemplo, los portales de Internet, pueden proporcionar formas seguras para el usuario para autorizar la divulgación de sus datos de uso de energía eléctrica y así agilizar la autenticación.

## **8.8 PRIVACIDAD DE LOS DATOS**

Este es un tema de suma importancia pues al usuario se le debe respetar el derecho a la privacidad en sus datos de consumo energético. El uso de la información de la energía eléctrica puede y debe ser protegida como otra información sensible.

Los reguladores nacionales de energía, como la CREG, deben tener en cuenta, como punto de partida, los métodos para asegurar que los datos de uso de la energía eléctrica detallados de los consumidores estén protegidos de manera que cumpla con los estándares de protección de datos del consumidor basados en la normativa vigente. La confianza del consumidor es esencial para el éxito de las tecnologías de redes inteligentes, y proteger la privacidad de los datos relacionados con la red inteligente es un componente crucial para fortalecer esta confianza [94].

## **8.9 SEGURIDAD**

La seguridad es un punto muy importante durante todo el ciclo de vida de cualquier sistema: diseño, desarrollo, implementación, actualización y mantenimiento. Para cada uno de estos momentos es imprescindible declarar las

políticas de seguridad y los protocolos necesarios para asegurar la integridad del sistema. Por otro lado, está la seguridad de los datos, que está directamente relacionada con la privacidad, integridad y fiabilidad de los mismos. Además, está el acceso a la red, que trata con la autenticación e identificación de las máquinas y usuarios conectados a ella. Las VPN (*Virtual Private Network*) son una de las capas de seguridad más populares para proteger la transmisión de datos sobre una infraestructura pública como Internet.

Éstas definen mecanismos de encapsulado de datos para conexiones *tunneling*. Cuando un dispositivo pide un recurso de otro, es relativamente sencillo conocer si ese dispositivo está autorizado a recoger ese recurso o no, preguntando quién es. Sin embargo, la situación se complica cuando lo que hay que identificar no es el dispositivo en sí, sino la persona detrás de él que realiza la petición. De esta forma es necesario establecer también procedimientos de autenticación que verifiquen la identidad de los miembros conectados a la red.

## **8.10 PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR**

La protección de la privacidad es un aspecto crítico. A medida que surgen nuevos problemas y oportunidades relacionados con el despliegue de las *Smart Grid*, las políticas nacionales deberán garantizar la protección al consumidor, una notificación adecuada en tiempo real, el derecho a empoderarse de su consumo a través de las facturas y los problemas de seguridad relacionados con la desconexión, y asequibilidad.

Las políticas nacionales y los OR de energía deben considerar adecuadamente la actualización y la mejora de las protecciones al consumidor para las tecnologías de redes inteligentes. Lo concerniente al intercambio de datos, nuevas estructuras de tarifas, la desconexión involuntaria remota, conocer el impacto de la privacidad, el debido proceso y los costos [94].

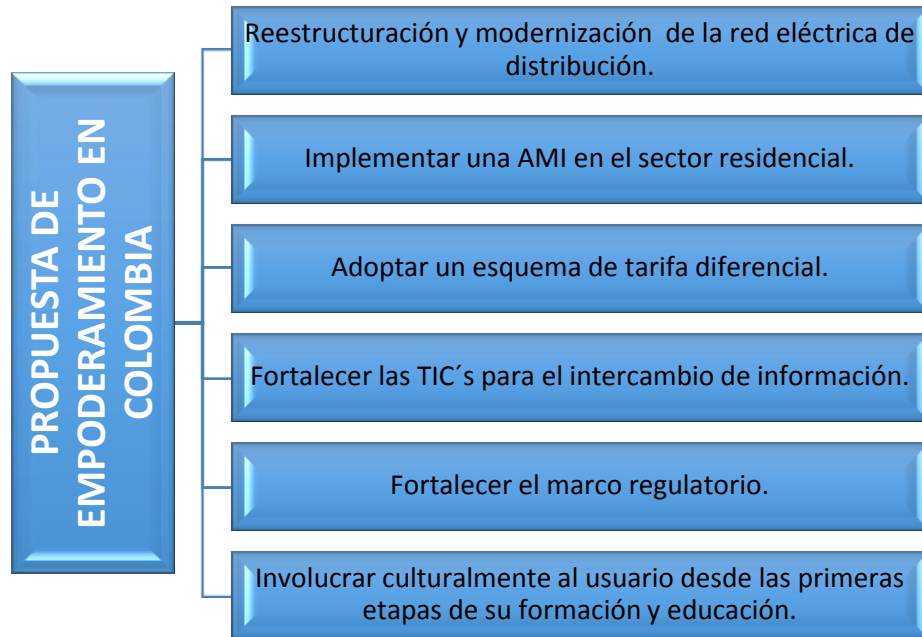
## 8.11 HERRAMIENTAS E IDEAS RELACIONADAS CON EL EMPODERAMIENTO

Cuando el operador de red anticipa la necesidad de soporte, este envía una señal a sus proveedores. El proveedor será quien envía la notificación vía teléfono/email/SMS informando que el despacho comenzará y cuánto tiempo durará (típicamente entre 15 minutos y 4 horas). Una vez el usuario reconoce la notificación, está listo para responder a esta solicitud.

Esta idea podría mejorarse utilizando las herramientas que ya se manejan en el tema de *Smart Metering*, por ejemplo se puede programar el “*Smart Meter*” para que envíe una alarma o notificación al usuario a su *Smartphone*, tableta, PC u otro dispositivo, indicando o informando que a partir de ese instante la tarifa de la energía aumenta significativamente durante un periodo específico, también junto con esta notificación, el software podría indicarle sugerencias de cuales equipos podría dejar de usar para retomar su uso en otra hora del día, así como también el usuario podría ver su consumo en tiempo real, tomar decisiones de ahorro energético, evitando de esa manera pagar precios muy altos en su factura de electricidad.

En la Figura 39, se resume la propuesta de empoderamiento en Colombia.

Figura 39. Propuesta de empoderamiento en Colombia.



## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se realiza una síntesis del proyecto, describiendo las conclusiones más importantes junto con algunas recomendaciones sobre la adaptación de los modelos de empoderamiento de la energía eléctrica usando medición inteligente y las iniciativas de empoderamiento del usuario ya mencionadas.

Durante el desarrollo del trabajo de grado se pudo observar el cumplimiento con cada uno de los objetivos planteados al inicio del documento. A continuación, se realiza un paralelo entre los objetivos y lo que se desarrolló para lograr su cumplimiento.

- **Identificar los proyectos de empoderamiento que se encuentran en proceso de implementación en la actualidad, tales como Green Button, Empowering y e-powering count.** A partir de la recolección de la información relacionada con el empoderamiento del usuario de la energía eléctrica apoyada en la herramienta de las 5p, Se identificaron 20 planes, 33 políticas, 38 programas, 110 proyectos y 110 propósitos relacionados con las principales estrategias de empoderamiento realizadas en dieciséis países incluyendo a Colombia, cuatro países del entorno latinoamericano, once países europeos y EE.UU. esto con el propósito de identificar los modelos y las prácticas más destacadas del empoderamiento con relación al uso de la energía eléctrica que se pueden aplicar en Colombia.

Luego de identificar los países que se encuentran vinculados con este tema, se organizó la información teniendo en cuenta el sistema 5p mostrado en la Figura 14, donde se registraron organizadamente en la tabla del Anexo A.1. dichos

planes de desarrollo por país que fueron esenciales para el logro de este trabajo de grado.

- **Realizar un proceso comparativo que involucre cada uno de los modelos identificados, con el fin de determinar ventajas y desventajas de cada uno.**

Partiendo de la información detallada en la tabla del Anexo A.1. junto con la síntesis y análisis de los planes, políticas, programas, proyectos y propósitos de cada país, se resaltan ventajas o beneficios del empoderamiento que favorecen escenarios distintos (Operacionales, Financieros, para usuarios, culturales) y se encontró que los aspectos que priman a la hora de implementar una política de empoderamiento, esencialmente se focaliza en lo cultural y financiero no solo de los usuarios sino también de las empresas encargadas del servicio de energía eléctrica, debido a que un cambio en infraestructuras y de nuevos medidores, requiere de grandes inversiones, además se identificaron dos iniciativas, *GREEN BUTTON* y *EMPOWERING*, las cuales convergen con Colombia en cuanto a su normativa y respaldo de energías renovables.

En cuanto a ventajas, se tiene el hecho de hacer del usuario una parte activa del sistema eléctrico, lo cual se traduce en mejora de la fiabilidad energética, progreso tecnológico, desarrollo de la generación distribuida, vehículo eléctrico, control de cargas eléctricas por parte del usuario, visualización de consumos de energía eléctrica en tiempo real, facturación fiable, control permanente del consumo de energía eléctrica por parte de los usuarios, reducción de consumos reflejados en la factura de energía eléctrica, Incremento del confort, contribución a una sociedad verde, reducción de picos en las curvas de consumo diario, libertad para el usuario de elegir tarifas, facilidad por parte de las empresas de distribución de energía eléctrica en el control de las redes, control de usos inadecuados de energía eléctrica, acceso remoto al control de consumos de energía eléctrica por parte del usuario entre muchos otros.

Se abordó el diagrama causal de la Figura 34, en la cual se destacan los siguientes aspectos:

✓ A mayor demanda de *Smart Meter*, menor precio de estos equipos, por tanto, el usuario de la energía eléctrica percibe un mayor ahorro en la inversión en esta nueva tecnología.

✓ Los cambios en el precio de los equipos necesarios para el empoderamiento del usuario de la energía eléctrica, producen cambios en el número de usuarios interesados en adquirir *Smart Meter*.

✓ El precio de la energía eléctrica, afecta directamente a la demanda.

✓ Al ofrecer y garantizar beneficios económicos a los usuarios de la energía eléctrica, aumenta el interés por ser parte de la nueva tecnología de *Smart Meter* tipo AMI.

• **Proponer un modelo de empoderamiento, adaptado al sistema energético en Colombia, teniendo en cuenta características del consumidor, con el fin de lograr curvas de consumo más estables, reduciendo el consumo innecesario.** Primero se abordó la problemática energética de Colombia, evidenciando la poca robustez de la infraestructura energética del país, la cual se puso en manifiesto luego de la crisis energética registrada en 1992 por el fenómeno climático del niño que afectó las condiciones hidrológicas y los niveles de los embalses del país.

Es evidente que en Colombia se necesita una nueva reestructuración en la red eléctrica, fortalecer el marco regulatorio, optar por un esquema de tarifa diferencial, involucrar culturalmente al usuario e Implementar una AMI en Colombia, lo cual es vital para la iniciativa de empoderamiento, esto implica también, fortalecer las TIC para el intercambio de información por medio de leyes

que obliguen a las empresas a actualizar las redes de comunicaciones no aptas para la entrada de *Smart Meter* tipo AMI.

Es necesario a su vez iniciativas que apoyen proyectos de energías no convencionales principalmente las de carácter renovable, así como también presentar propuestas para el cambio de medidores de energía eléctrica y montaje de redes de comunicación adecuadas para facilitar la comunicación bidireccional entre el usuario y el operador de red.

Para lograr la correcta administración de los recursos, es necesaria la implementación de nuevas tecnologías y metodologías que ayuden en esta tarea y permitan tener un control y monitorización del estado del sistema en tiempo real.

En el capítulo 9, literal 2, se explicó la propuesta de implementación de una AMI en Colombia, destacando allí sus características y estructura, la cual, basados en la información encontrada de otros países, es vital para el empoderamiento por parte del usuario de la energía eléctrica.

Lo anterior justifica la pronta adopción de estrategias que aporten al uso eficiente de la energía eléctrica, y la necesidad de enriquecer las normas y políticas que favorezcan efectivamente los objetivos principales del empoderamiento del usuario.

- **Propuesta de aplicaciones y servicios innovadores para crear conciencia en los consumidores en el uso de la energía y sus impactos ambientales.**

Basados en aplicaciones ya existentes como los softwares desarrollados por Green Button en EE.UU. y Empowering en Europa, se observa como se clasifica la información de consumo suministrada al usuario, vital para la ejecución de aplicaciones como la gestión de la carga máxima, la gestión de calidad de la energía, previsión de la demanda, etc. Para esto se requiere flexibilidad e

interoperabilidad en la red para cambios futuros, esto se puede lograr “según la SG”, operando bajo el protocolo de internet “IP”.

Se requieren normas para estandarizar la información de uso de energía de los consumidores, que es necesaria para la ejecución de aplicaciones como la gestión de la carga máxima, la gestión de calidad de la energía, previsión de la demanda, etc. Los operadores de las redes de distribución de energía eléctrica deben entender y poner en práctica el empoderamiento para involucrar a los consumidores a través de las implementaciones de AMI, y, además, favorecer soluciones de recursos energéticos distribuidos como HEMS (sistema de gestión de energía en el hogar), UHAN (protocolo de comunicación en el hogar), CHAN (red de área del usuario), Visualizadores en Casa (IHD) y dispositivos de lectura de datos, los cuales involucran directamente al usuario para ser parte activa en los esfuerzos por conseguir un país sostenible.

Se hace necesario, crear cultura de buenas prácticas de uso de la energía eléctrica para educar al usuario sobre el buen manejo de nuevos dispositivos que en conjunto con una *Smart Grid*, *Smart Meter* y AMI, favorecen la gestión dinámica de la demanda, aportando así a la eficiencia y sostenibilidad energética.

El análisis de las iniciativas, artículos relacionados y desarrollos tecnológicos en otros países fueron la base para esta propuesta.

Para futuros proyectos de adaptación de un modelo de empoderamiento en Colombia se sugieren considerar las recomendaciones que a continuación son descritas.

Se considera fundamental llevar a cabo un trabajo en conjunto entre las entidades gubernamentales, empresas del sector privado y grupos normativos internacionales con el fin de conformar grupos que evalúen las condiciones

actuales de normalización en el tema de empoderamiento de forma tal que se elaboren planes para eliminar las barreras políticas y regulatorias que impiden en gran medida la inversión de capital de las empresas interesadas en estas temáticas.

Crear políticas, campañas y un proceso de apropiación cultural en prácticas de empoderamiento a temprana edad que promuevan la concientización de la población con antelación a la implementación de los proyectos, teniendo en cuenta que, sin el apoyo y aprobación de los usuarios a estas propuestas, el éxito de la implementación de estos proyectos será bajo.

Definir lineamientos técnicos y tecnológicos para crear un modelo que sea eficaz, eficiente y fácil de entender tanto para los usuarios finales, como para el operador de red y que permita a su vez un cómodo acceso a los diferentes tipos de datos sin que ocurran colapsos, contingencias o se vulnere la seguridad y privacidad de la información de los usuarios de la energía eléctrica.

Los modelos de empoderamiento implementados a nivel internacional, en el caso de Estados Unidos y países de Europa permiten abrir el camino para una futura implementación en Colombia, es importante tener en cuenta que dichos modelos son basados en parámetros propios de cada región, por lo tanto, en Colombia se deben definir cuáles son los parámetros que influyen en el momento de realizar el proyecto y de qué forma se abordarían.

Ante la implementación de los sistemas AMI en Colombia, se requiere que cada usuario se involucre de una manera responsable y con disposición a entender el funcionamiento de esta iniciativa para lograr un uso racional y eficiente de la energía y ayudar al desarrollo del país.

Se sugiere continuar con un proyecto de investigación que aterrice las tecnologías que se nombran en el escenario de SM en Colombia.

Eliminar las barreras políticas y regulatorias que impiden la inversión de capital de empresas interesadas en estas temáticas, eso involucra el esfuerzo del sector público y privado y de los distribuidores de los equipos eléctricos.

Definir un estándar para crear un modelo que sea eficaz, eficiente, de costo razonable y fácil de entender tanto para los usuarios finales, como para el OR y que permita a su vez un cómodo acceso a los diferentes tipos de datos sin que ocurran colapsos, contingencias o se vulnere la seguridad y privacidad de la información de los usuarios de la energía eléctrica.

Con esta iniciativa, el operador de red cumple un papel fundamental en el desarrollo de los servicios contextuales, fruto de la interoperabilidad con el consumidor final; se creería que el operador sería el menos beneficiado ya que el cliente tendría tarifas en tiempo real, perfiles de carga, resumen de energía consumida y muchos más parámetros los cuales permitirían mejorar considerablemente el uso de energía a cada usuario, sin embargo existen varios beneficios que obtendría el operador de red, por ejemplo:

✓ Al lograr que el consumidor final autorice la transferencia de los datos obtenidos en el medidor inteligente para cederlos a desarrolladores de aplicaciones y a terceros los cuales realizan un aporte económico al operador.

✓ Al definir una tarifa mínima extra mensual para cada uno de los usuarios, con el fin proveerles información clara para obtener un ahorro energético al usuario final, se generaría un incremento monetario a favor de los operadores de red y una reducción en el consumo de tarifas por parte de los usuarios residenciales.

✓ El operador tendría la información oportuna de los consumos de energía eléctrica por parte de los usuarios en tiempo real, lo cual permitiría, realizar implementaciones para desconectar en tiempo real algunos circuitos de aquellos usuarios que no requieran la energía eléctrica, para lograr suplir con esa disponibilidad de energía eléctrica aquellos sitios de cargas prioritarias como: hospitales, centros de salud, industrias, etc., y así mejorar la dinámica y eficiencia del sistema eléctrico.

De manera general podemos concluir que el estudio de los diversos planes de desarrollo de las iniciativas de empoderamiento del usuario de la energía eléctrica ha sido de gran importancia puesto que nos ayudó a incentivar una perspectiva de concientización y favorabilidad por parte de los usuarios en cuanto a los beneficios, ya sean financieros, operacionales, de seguridad, culturales o medioambientales y a un desarrollo económico pese a las múltiples barreras de orden legislativo que no han permitido que este tipo de iniciativas este completamente implementada en el país.

Los modelos de empoderamiento implementados a nivel internacional, en el caso de Estados Unidos y países de Europa permiten abrir el camino para una futura implementación en Colombia, es importante tener en cuenta que dichos modelos son basados en parámetros propios de cada región, por lo tanto, en Colombia se deben definir cuáles son los parámetros que influyen en el momento de realizar el proyecto y de qué forma se abordarían.

## REFERENCIAS

- [1] «Empowering Energy Counts» [En línea]. Disponible en: <http://iee-empowering.eu/en/> [Último acceso: 05 julio 2016].
- [2] «Green Button Initiative» [En línea]. Disponible en: <http://www.greenbuttondata.org/> [Último acceso: 05 julio 2016].
- [3] «TIC's» [En línea]. Disponible en: <http://tutorial.cch.unam.mx/bloque4/lasTIC> [Último acceso: 05 julio 2016].
- [4] «Impacto de la implantación de Smart Grid» [En línea]. Disponible en: [http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART\\_GRIDS\\_Y\\_EVOLUCION\\_DE\\_LA\\_RED\\_ELECTRICA.pdf](http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART_GRIDS_Y_EVOLUCION_DE_LA_RED_ELECTRICA.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].
- [5] «AMI» [En línea]. Disponible en: [https://www.smartgrid.gov/recovery\\_act/deployment\\_status/sdgp\\_ami\\_systems.html](https://www.smartgrid.gov/recovery_act/deployment_status/sdgp_ami_systems.html) [Último acceso: 05 julio 2016].
- [6] «Arquitectura EMPOWERING» [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/EMPOWERING\\_D3.2.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/EMPOWERING_D3.2.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].
- [7] «Empoderamiento Comunitario» [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/psykhe/v18n2/art05.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].
- [8] «Empoderamiento Ciudadano» [En línea]. Disponible en: <http://www.chile21.cl/wp->

content/uploads/2014/05/coleccion\_ideas\_octubre\_2014.pdf [Último acceso: 05 julio 2016].

[9] «Green Button Initiative» [En línea]. Disponible en: <http://www.energy.gov.on.ca/en/ontarios-electricity-system/green-button/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[10] « Flujo de datos y cómputo EMPOWERING » [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING\\_D6.3.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING_D6.3.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[11] «Eficiencia Energética» [En línea]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN%202010%20VERSION%20FINAL.pdf> [Último acceso: 05 Julio 2016].

[12] «Electricidad sostenible» [En línea]. Disponible en: <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/elecsostenible.htm> [Último acceso: 05 julio 2016].

[13] Thorsén, M; Karlsson, K; Hedman, O. Changing the attitudes about electricity. IEEE. 2013. p. 2.

[14] Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 7.

[15] Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. Customer Empowerment. IEEE. 2012. p. 3-4.

- [16] «Smart Metering» [En línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].
- [17] «Data Management» [En línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016]
- [18] «HAN» [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_dom%C3%A9stica](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_dom%C3%A9stica) [Último acceso: 05 julio 2016].
- [19] Gerwen, R; Jaarsma, S; Wilhite, R. Smart Metering. LPQI. 2006. p. 3-4.
- [20] Gerwen, R. Smart Metering. LPQI. 2006. p. 9.
- [21] Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 1.
- [22] Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 2.
- [23] R. Cespedes, “Desarrollo de Smart Grids en Colombia”. II Taller de fundamentos de Smart Grids en Sistemas Eléctricos. Bogotá D.C Colombia, julio de 2011.
- [24] «Estructura general del sistema de Telemedida» [En línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[25] Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. Customer Empowerment. IEEE. 2012. p. 4.

[26] «Beneficios de los medidores Inteligentes» [En línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/1177690-Contadores-inteligentes-smart-meters.html> [Último acceso: 05 julio 2016].

[27] Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013.

[28] Correa Sandoval, D; Becerra Muñoz, B; Araque Villamizar, P. Smart Metering: Estado del arte de aplicaciones al sector eléctrico. UIS. 2013.

[29] Correa Sandoval, D; Becerra Muñoz, B; Araque Villamizar, P. Smart Metering: Estado del arte de aplicaciones al sector eléctrico. UIS. 2013. p. 41.

[30] Janaka Ekanayake, Nick Jenkins, Kithsiri Liyanage, Jianzhong Wu, Akihiko Yokoyama, "Smart Grid: Technology and Applications", Editorial Wiley, 2012.

[31] «Respuesta a la demanda EnerNOC» [En línea]. Disponible en: [http://images.getmore.enernoc.com/Web/EnerNOCInc/%7B93d14c5f-2eff-43ec-afca-9be3d9b85347%7D\\_eBook\\_DR\\_Deconstructed\\_IEUK.pdf](http://images.getmore.enernoc.com/Web/EnerNOCInc/%7B93d14c5f-2eff-43ec-afca-9be3d9b85347%7D_eBook_DR_Deconstructed_IEUK.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[32] «Programas de control de cargas eléctricas Indirecto mediante tarificación» [En línea]. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-basica-de-la-gestion-de-la-demanda-energetica-fenercom.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[33] «Desarrollo del sector eléctrico en Colombia» [En línea]. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/index.php/noticias/1204-las-leyes-142-y-143> [Último acceso: 05 julio 2016].

[34] El Congreso de Colombia, Ley 142 DE 1994, “*Ministerio de Minas y Energía*”, vol. 1994. No. julio 11, pp. 1-576, 1994

[35] El Congreso de Colombia, Ley 143 de 1994, “*Ministerio de Minas y Energía*”, vol. 1994. No. julio 11, pp. 1-26, 1994.

[36] El Congreso de Colombia, Ley 697 de 2001\_Ley URE, “*Ministerio de Minas y Energía*”, vol. 2001. No. octubre 3, pp. 3-6, 2001.

[37] El Presidente De La Republica De Colombia, “DECRETO 2331 DE 2007”, “*Ministerio de Minas y Energía*, 2007.

[38] El Presidente De La Republica De Colombia, DECRETO 3450 DE 2008 “*Ministerio de Minas y Energía*, 2008.

[39] Ministerio de Minas y Energía, “Resolución 180919 de junio de 2010”. (Plan de acción indicativo del PROURE).

[40] El Congreso de Colombia, Ley 1450 de 2011, “*Ministerio de Minas y Energía*”, vol. 2011. No. junio 16.

[41] Ministerio de Minas y Energía, “Resolución 065 de junio de 2012”. 2012.

[42] «Energía Undimotriz» [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_undimotriz](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_undimotriz) [Último acceso: 05 julio 2016].

- [43] El Congreso de Colombia, Ley 1665 de 2013, "*Ministerio de Minas y Energía*", vol. 2013. No. Julio 16.
- [44] El Congreso de Colombia, Ley 1715 de 2014, "*Ministerio de Minas y Energía*", vol. 2014. No. Mayo 13, pp 1-11, 2014.
- [45] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, "Resolución 549 de julio DE 2015". 2015.
- [46] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, "Resolución 549 de julio DE 2015". 2015. p. 5-6.
- [47] El Presidente De La Republica De Colombia, "DECRETO 2143 DE 2015", "*Ministerio de Minas y Energía*, 2015.
- [48] Ministerio de Minas y Energía, "Resolución 029 de marzo de 2016". 2016.
- [49] Ministerio de Minas y Energía, CREG, "Resolución 039 de marzo de 2016". 2016.
- [50] International Organization for Standardization – ISO, "ISO 50001 Gestión de la Energía," 2011.
- [51] Norma técnica colombiana NTC 6079 DEL 27 de octubre de 2014.
- [52] «Consumo energético vs eficiencia energética en Alemania» [En línea]. Disponible en: [http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition\\_es.pdf](http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/es/German-Energy-Transition_es.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[53] «Austria: Tecnología al servicio de los ciudadanos» [En línea]. Disponible en: <https://www.greentech.at/blog/smart-cities-en-austria-tecnologia-al-servicio-de-los-ciudadanos/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[54] «Austria: Eficiencia Energética» [En línea]. Disponible en: <http://www.en.bmfwf.gv.at/Energy/EnergyEfficiency/Seiten/default.aspx> [Último acceso: 05 julio 2016].

[55] «Austria: Regulación de la Eficiencia Energética» [En línea]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/AT%202016%20Energy%20Efficiency%20Annual%20Report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/AT%202016%20Energy%20Efficiency%20Annual%20Report_en.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[56] «Bélgica: Energía nuclear» [En línea]. Disponible en: <http://dw.com/p/1HkzK>. [Último acceso: 05 Julio 2016].

[57] «Bélgica: Desafío Energético» [En línea]. Disponible en: <http://www.amcham.be/policy/energy/belgiums-energy-challenges> [Último acceso: 05 julio 2016].

[58] «Brasil: Plan Nacional de Energía» [En línea]. Disponible en: [http://www.epe.gov.br/PNE/20080111\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[59] «Chile: Política Energética» [En línea]. Disponible en: [http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro\\_energia\\_2050.pdf](http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro_energia_2050.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[60] «Chile: metas para el 2050» [En línea]. Disponible en: [http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro\\_energia\\_2050.pdf](http://www.energia2050.cl/uploads/libros/libro_energia_2050.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[61] «Dinamarca: Política Energética» [En línea]. Disponible en: <http://imediapr.es/wp-content/uploads/2014/04/La-pol%C3%ADtica-energ%C3%A9tica-en-Dinamarca-en-el-horizonte-2030.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[62] «Dinamarca: Cambio climático» [En línea]. Disponible en: <http://twenergy.com/a/dinamarca-hacia-la-independencia-de-los-combustibles-fosiles-348> [Último acceso: 05 julio 2016].

[63] «España: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética» [En línea]. Disponible en: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11905\\_PAEE\\_2011\\_2020.\\_A2011\\_A\\_a1e6383b.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11905_PAEE_2011_2020._A2011_A_a1e6383b.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[64] «Expanded Green Button Will Research Federal Agencies and More American Energy Consumers. Sinai, N.; Theall, M. 2013» [En línea]. Disponible en Internet: <http://www.whitehouse.gov/blog/2013/12/05/expanded-green-button-will-reach-federal-agencies-and-more-american-energy-consumers> [Último acceso: 05 Julio 2016].

[65] «Texas soon to go live with Green Button» [En línea]. Disponible en: <https://blogs.siemens.com/smartgridwatch/stories/430/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[66] «How many smart meters are installed in the U.S. and who has them?» [En línea]. Disponible en: <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=108&t=3> [Último acceso: 05 julio 2016].

[67] Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 5.

[68] «Francia: Energía sostenible» [En línea]. Disponible en: <http://www.diplomatie.gouv.fr/es/asuntos-globales/clima/francia-movilizada-para-responder-al-desafio-climatico/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[69] «Holanda: Eficiencia Energética» [En línea]. Disponible en: <http://www.holanda.es/es/negocios-con-holanda/sobre-holanda/informaci%C3%B3n-sectorial/energ%C3%ADas-renovables> [Último acceso: 05 julio 2016].

[70] «Italia: Implementación de Empowering» [En línea]. Disponible en: [http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING\\_D4.2\\_rev.pdf](http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/08/EMPOWERING_D4.2_rev.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[71] «México: Estrategia Nacional de Energía» [En línea]. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37957550> [Último acceso: 05 julio 2016].

[72] «México: Reforma Energética» [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[73] «Noruega: Política Energética» [En línea]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dir\\_2009\\_0028\\_action\\_plan\\_norway\\_\\_nreap.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dir_2009_0028_action_plan_norway__nreap.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[74] «Noruega: Medición Inteligente» [En línea]. Disponible en: <https://www.nve.no/electricity-market-and-regulation/retail-market/smart-metering-ams/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[75] «Noruega: Medición Inteligente POWEL» [En línea]. Disponible en: <http://www.powel.com/about/news/valider-chooses-powel-for-norways-largest-smart-metering-platform/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[76] «Smart Energy. TIC y energía: un futuro eficiente» [En línea]. Disponible en: [http://www.fundaciontelefonica.com/artes\\_cultura/publicaciones-listado/pagina-item-publicaciones/itempubli/232/](http://www.fundaciontelefonica.com/artes_cultura/publicaciones-listado/pagina-item-publicaciones/itempubli/232/) [Último acceso: 05 julio 2016].

[77] «EMPOWERING: Energy Counts» [En línea]. Disponible en: <http://iee-empowering.eu/en/wp-content/uploads/2013/09/j-EMPOWERING-Project-Solution.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[78] «Colombia Inteligente: Avances de las Redes Inteligentes» [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiainteligente.com.co/Memorias%20Eventos/Presentacion%20ICOL%20ANDESCO%20UPME%20180213%20final.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[79] «Marco Estratégico y Propuesta Proyecto Nacional de Redes Inteligentes en Colombia» [En línea]. Disponible en: [http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc\\_Motivacion\\_RedesInteligentesCol\\_160311.pdf](http://www.colombiainteligente.com.co/Documents/Doc_Motivacion_RedesInteligentesCol_160311.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[80] «Colombia Inteligente: Avances de las Redes Inteligentes» [En línea]. Disponible en: <http://www.colombiainteligente.com.co/Memorias%20Eventos/Presentacion%20ICOL%20ANDESCO%20UPME%20180213%20final.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[81] «Corto circuito y el apagón de 1992» [En línea]. Disponible en: <http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/noticias->

eventos/Paginas/Corto-circuito-y-el-apag%C3%B3n-de-1992.aspx [Último acceso: 05 julio 2016].

[82] «Tarifa diferencial» [En línea]. Disponible en: <http://www.mundoelectrico.com/7696-2/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[83] Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 2-4.

[84] Santacana, E., Husain, B., Pinnekamp, F., Halvarsson, P., Rackliffe, G., Tang, L., Feng, X. Smart grids: The next level of evolution. ABB Review. 2010 p. 10-15.

[85] «AMI: Advanced Metering Infrastructure» [En línea]. Disponible en: <http://www.indiasmartgrid.org/Advanced-Metering-Infrastructure.php?m=3&y=2016> [Último acceso: 05 Julio 2016].

[86] Castellanos, R., Millán, P. Design of a Wireless Communications Network for Advanced Metering Infrastructure in Colombia. IEEE. 2012. p. 2-4.

[87] Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 3.

[88] Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 14-16.

[89] «Gestión de la Energía en el Hogar» [En línea]. Disponible en: <http://eecatalog.com/smart-energy/2012/02/23/empowering-consumers-with-home-energy-management-systems/> [Último acceso: 05 julio 2016].

[90] «Principles of Smart Home Control » [En línea]. Disponible en: [https://www.cs.cmu.edu/~johnz/pubs/2006\\_UBICOMP.pdf](https://www.cs.cmu.edu/~johnz/pubs/2006_UBICOMP.pdf) [Último acceso: 05 julio 2016].

[91] «Dispositivos en el hogar» [En línea]. Disponible en: <http://www.cer.ie/docs/000699/CER14046%20High%20Level%20Design.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

[92] Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 21-23.

[93] Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 3 - 5.

[94] «Marco Político» [En línea]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/nstc-smart-grid-june2011.pdf> [Último acceso: 05 julio 2016].

## BIBLIOGRAFIA

Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 2-4.

Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 3.

Castaño, N; Franco, C. Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grid en Colombia. UNAL. 2011. p. 3 - 5.

Castellanos, R., Millán, P. Design of a Wireless Communications Network for Advanced Metering Infrastructure in Colombia. IEEE. 2012. p. 2-4.

Correa Sandoval, D; Becerra Muñoz, B; Araque Villamizar, P. Smart Metering: Estado del arte de aplicaciones al sector eléctrico. UIS. 2013.

Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 7.

Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 14-16.

Díaz, C; Hernández, J. Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía Eléctrica – Estado del Arte. Colciencias. 2011. p. 21-23.

Gerwen, R. Smart Metering. LPQI. 2006. p. 9.

Gerwen, R; Jaarsma, S; Wilhite, R. Smart Metering. LPQI. 2006. p. 3-4.

Janaka Ekanayake, Nick Jenkins, Kithsiri Liyanage, Jianzhong Wu, Akihiko Yokoyama, "Smart Grid: Technology and Applications", Editorial Wiley, 2012.

Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. Customer Empowerment. IEEE. 2012. p. 3-4.

Przybylik, M; Stangierski, P; Jedziniak, K; Łuczak, W; Janda, S; Kwiatkowski, B. Customer Empowerment. IEEE. 2012. p. 4.

R. Cespedes, "Desarrollo de Smart Grids en Colombia". II Taller de fundamentos de Smart Grids en Sistemas Eléctricos. Bogotá D.C Colombia, julio de 2011.

Santacana, E., Husain, B., Pinnekamp, F., Halvarsson, P., Rackliffe, G., Tang, L., Feng, X. Smart grids: The next level of evolution. ABB Review. 2010 p. 10-15.

Thorsén, M; Karlsson, K; Hedman, O. Changing the attitudes about electricity. IEEE. 2013. p. 2.

Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 1.

Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 2.

Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013.

Zheng, J; Lin, L; Wenzhong Gao, D. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. IEEE. 2013. p. 5.