

**REGULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA Y DESARROLLO DE
REDES ELECTRICAS INTELIGENTES EN COLOMBIA**

LINA MARCELA BEJARANO ARDILA

DANIEL DUQUE BERNAL

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

MEDELLÍN

2013

**REGULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA Y DESARROLLO DE
REDES ELECTRICAS INTELIGENTES EN COLOMBIA**

LINA MARCELA BEJARANO ARDILA

DANIEL DUQUE BERNAL

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Economistas**

Asesor

GUSTAVO LÓPEZ ALVAREZ

Docente Académico

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

MEDELLÍN

2013

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 16 de Mayo de 2013

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Gustavo López, asesor del trabajo de grado. Docente e investigador de la Universidad EAFIT.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVOS Y ENFOQUE DEL ESTUDIO	9
2. MARCO TEÓRICO.....	10
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
4. MARCO DE REGULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE REDES INTELIGENTES EN ESPAÑA, CHILE Y BRASIL	19
5. REGULACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN COLOMBIA	26
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
7. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA	34

INTRODUCCIÓN

El sector de energía eléctrica es considerado uno de los principales motores del crecimiento económico, pues además de ofrecer insumos para el desarrollo de la economía y la sociedad, provee ingresos para el sector público a través de medios fiscales y cambiarios (NULLVALUE, 2001).

Por esta razón, los sectores eléctricos tradicionales del mundo han experimentado cambios en sus estructuras y en sus marcos regulatorios, es decir, han expandido redes, han adoptado tecnologías y han reformado las normas bajo las cuales regulan el mercado, y esto les ha permitido atender el aumento de demanda de energía eléctrica a través del tiempo, satisfacer las expectativas de los usuarios, y garantizar condiciones de calidad y cobertura del recurso energético.

Estos despliegues estructurales y tecnológicos se han logrado gracias a la adopción de un marco de regulación, que da obligatoriedad a las instituciones que participan en cada uno de los procesos del mercado de energía, a adoptar reformas en su estructura, con la responsabilidad de obtener mejores niveles productivos y lograr eficiencia económica, con el fin de dar viabilidad y sostenibilidad al negocio en el largo plazo (Rincón & Lozano, 2010). En el caso de la distribución de energía, y en general para el mercado de servicios públicos, es justificable que el estado regule esta actividad económica, ya que es considerada un monopolio natural.

En Colombia la institución encargada de la regulación de energía es la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), y su objetivo principal es “lograr que los servicios de energía eléctrica, gas natural y gas licuado de petróleo se presten al mayor número posible de personas, al menor costo posible para los usuarios y con una remuneración adecuada para las

empresas que permita garantizar calidad, cobertura y expansión (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2013)

Actualmente, existe una tendencia a nivel mundial de invertir en proyectos tecnológicos para dar sostenibilidad económica, social y ambiental al sector energético, y Colombia no es una excepción de esto.

Colombia Inteligente es una iniciativa que busca “hacer un uso eficiente de los recursos energéticos preservando el medio ambiente y logrando niveles adecuados de calidad”, lo cual consiste en desarrollar redes inteligentes que integren las operaciones de generadores, distribuidores, comercializadores, y consumidores de energía, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible. Esto permitiría un flujo bidireccional de información, haría viable la generación distribuida, reduciría costos de mantenimiento, y atendería más demanda sin necesidad de nuevos generadores, lo cual se reflejaría en la competitividad del sector energético colombiano (Colombia Inteligente, 2011).

Sin embargo, se percibe que no existen los suficientes incentivos para que las empresas distribuidoras de energía inviertan en redes inteligentes, ya que probablemente el marco que las regula, les ofrece unas condiciones en las que las firmas no consideran necesario reestructurar el sistema, aun considerando que podría mejorar la eficiencia del suministro de energía.

En este sentido, esta propuesta se centra en la necesidad de verificar si la regulación de la actividad de la distribución de energía en Colombia, estimula innovaciones como el desarrollo de redes inteligentes. Con el desarrollo de esta investigación se busca responder a la pregunta: ¿La normatividad bajo la cual la CREG regula la distribución de energía, favorece la implementación y desarrollo de las redes eléctricas inteligentes?

Para cumplir con el objetivo de este trabajo, se llevara a cabo un análisis de carácter inductivo, donde se va a realizar una revisión de la teoría económica que se ha presentado de manera formal sobre la teoría de regulación de monopolios naturales. Luego se hará una revisión de los marcos regulatorios de la distribución de energía de algunos países como España, Chile y Brasil, con los cuales se pretende contrastar los mecanismos utilizados por la CREG en Colombia, y de esta manera extraer delineamientos finales que establezcan un panorama sobre las posibilidades de desarrollar proyectos de redes inteligentes bajo otras condiciones de regulación.

Este trabajo está dividido en siete secciones. Luego de esta introducción, la sección I hace referencia a la definición de los objetivos y al enfoque del estudio, es decir, la hipótesis bajo la cual se abordará este trabajo. La sección II contiene el marco teórico y la sección III la revisión de literatura. La sección IV presenta específicamente los casos de España, Chile y Brasil, sus modificaciones en el marco regulatorio y los proyectos de redes inteligentes en los cuales han invertido. La sección V contiene la regulación de la distribución de energía en Colombia y la iniciativa de invertir en redes inteligentes. La sección VI concluye y finalmente la sección VII muestra algunas recomendaciones.

1. OBJETIVOS Y ENFOQUE DEL ESTUDIO

El objetivo general de este trabajo es verificar si la regulación de la actividad de la distribución de energía en Colombia, estimula innovaciones como el desarrollo de redes inteligentes. Aquí se sostiene la hipótesis según la cual, el actual esquema de regulación debe ser modificado para facilitar la innovación en las redes y mejorar la eficiencia del sector eléctrico.

Para cumplir lo propuesto se tendrá en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- I. Explorar el marco que regula del sector de energía en Colombia, y otros países como Chile, Brasil y España.
- II. Identificar las fortalezas y limitaciones de la regulación de distribución de energía en Colombia a la luz de la Teoría Económica del Bienestar.
- III. Proponer algunos delineamientos que puedan aplicarse al mecanismo de regulación en Colombia, según la experiencia de los países que ya han implementados redes eléctricas inteligentes.

2. MARCO TEÓRICO

Los Monopolios Naturales y la Regulación Económica

El monopolio natural se da en ciertas actividades económicas, en donde una sola empresa resulta suficiente para abastecer el mercado dada la subaditividad de costos, es decir, una sola firma puede producir distintos niveles de producción a menor costo, como es el caso de los servicios públicos, que a medida que aumenta la producción decrecen los costos fijos por unidad y los costos medios totales. Sin embargo, este hecho va en contra del criterio de Pareto donde el equilibrio competitivo regido por las leyes de oferta y demanda es eficiente, puesto que, al existir un monopolio se puede manipular la oferta, se puede influir sobre los precios de bienes y servicios, e incluso se puede incidir en aspectos como el nivel de salario y empleo, causando pérdidas de eficiencia social. En consecuencia, existe el fundamento de la regulación económica de las actividades, el cual constituye un conjunto de normas y procedimientos que interfieren en las decisiones de los oferentes y demandantes, y en donde se imponen restricciones a la entrada, se controlan las características de los productos, se capturan las ganancias derivadas de economías de escala y se mitiga rentas monopólicas mediante el control de precios, afectando así la teoría del libre mercado (Pistonesi Castalli, 2001).

En el caso del sector de energía eléctrica, la regulación está justificada por tres razones: “1) costes hundidos con altos capitales invertidos que no pueden ser desmontados una vez instalado, 2) la tecnología y las economías de escala y alcance, y 3) los consumidores como población votante” (Salazar Diez de Sollano, 2008).

Por este motivo, existen varios esquemas de regulación que en general deben reducir costos y tarifas a los usuarios, para buscar la eficiencia de manera continua.

Una de estos esquemas es la **Regulación por Tasa de Retorno (RTR)**, en la cual se regulan los precios de manera que las firmas reguladas puedan recuperar los costos a una tasa de retorno previamente establecida. En otras palabras, las firmas deben estimar los costos operativos y de capital, los cuales son validados por el regulador para poder determinar la rentabilidad que las firmas deben obtener y los precios de los servicios que se van a ofrecer. Los ingresos de las firmas reguladas están en función de los activos requeridos para la prestación del servicio, de sus gastos de depreciación y de los costos por mantenimiento y operación. Este esquema no busca precisamente que los precios sean asignados eficientemente, solo buscan cubrir los costos totales. No obstante, este esquema induce a las firmas a una sobreinversión en algunas ocasiones para poder obtener las rentabilidades de esa inversión, a inflar los costos y a recurrir a subsidios cruzados, lo que conlleva a una asignación de recursos ineficientes y con pocos incentivos para reducir los costos (Cardona Salazar, 2011).

También existe el esquema de **Regulación por Precio Techo**, cuyo objetivo es incentivar la reducción de costos de acuerdo a las ganancias generadas por la productividad de las firmas. Para este fin, el regulador se encarga de fijar un precio para la firma regulada para varios años (por lo general 5 años), y una vez determinado el precio del primer año, los precios de los siguientes años solo aumentan de acuerdo al IPC menos un porcentaje que representa las ganancias de productividad del sector. Cuando este periodo termina, el regulador fija un nuevo precio con un nuevo valor de ganancias de productividad para el siguiente periodo. De esta manera, las firmas reguladas esperan disminuir los precios a los consumidores y mantener utilidades extras ahorrando costos. (Cardona Salazar, 2011).

En este esquema de regulación se resalta el hecho de que las firmas tengan incentivo para lograr eficiencia productiva, y promueva la competencia y la innovación, pero también, trae algunos costos en el hecho de determinar la estructura de costos que se debe aplicar a la fórmula.

Así mismo, se da la **Regulación Basada en Rendimientos**, que es aquella donde se observan y se verifican los rendimientos de las firmas reguladas de acuerdo a las áreas específicas de los servicios que prestan, con el fin de incentivar a estas empresas de acuerdo a su tasa de rendimiento. Y de otra manera, la **Regulación Normativa** se establece para proporcionar incentivos que hagan reducir los costos, y la asimetría de información que existe entre las empresas y las entidades reguladoras (Berg, 2008).

En general, las empresas pueden tener costos altos o costos bajos según su estructura y eficiencia, pero el regulador no puede diferenciar cuales empresas son de alto o de bajo costo. Además los costos de las empresas también dependerán de la eficiencia de su administración y de esto son responsables sus administradores, quienes pueden ejercer diferentes niveles de esfuerzo y afectar también los costos. La incertidumbre que el regulador tiene frente al tipo de empresa que regula (alto o bajo costo) genera un problema de *selección adversa*. Una forma de resolver este problema sería que el regulador ajuste los precios al final de cada año por ejemplo, a un nivel que tome en cuenta los costos observados de las empresas, es decir, el regulador puede auditar las empresas y así observar el verdadero nivel de sus costos. Esta práctica es el fundamento de la regulación de costo de servicio. Bajo este mecanismo de regulación el regulador compensa a cada empresa por todos sus costos, pero esto no le deja a la empresa utilidades, lo que hace que sus administradores pierdan el incentivo de generar utilidades y por lo consiguiente disminuyen su nivel de esfuerzo, lo que resulta en mayores costos, por encima del nivel de eficiencia y esto terminaría por reducir el bienestar social. La incertidumbre que tiene el regulador frente al nivel de eficiencia y esfuerzo de sus administradores genera un problema de *riesgo*

moral. Una forma de resolver el problema de riesgo moral es implementar un mecanismo de precio fijo o precio máximo. Bajo este mecanismo los administradores tienen el incentivo de ejercer esfuerzo que resulte en menores costos y más eficiencia lo que les permitirá extraer mayores utilidades. Sin embargo al implementar este mecanismo, el regulador está sujeto a una restricción de viabilidad financiera de la empresa, lo que lo obliga a fijar precios o topes altos para asegurarse de que la empresa de alto costo pueda cubrir dichos costos, esto resulta en una pobre extracción de renta, es decir, deja más renta a las empresas y se reduce el beneficio social. El resultado final de este mecanismo es la solución del problema de riesgo moral pero incurriendo en todos los costos de la selección adversa (Joskow P. L., 2011).

Por lo anterior, Laffont y Tirole (1993) explican que un mecanismo óptimo de regulación debe ser una combinación de ambos esquemas de regulación. El resultado de esto es la **Regulación por Incentivos** como una alternativa a los mecanismos tradicionales de *costo de servicio* y *tasa de retorno*, la cual pretende proporcionar fuertes incentivos para que las empresas reguladas reduzcan sus costos, mejoren la calidad e implementen nuevos productos y servicios. Estos autores proponen que el regulador ofrezca un menú de contratos y la empresa pueda elegir entre estos, así las empresas de bajo costo elegirán un contrato de alto poder y una tarifa fija, y las empresas de alto costo elegirán un contrato de bajo poder en el que se les compensaran sus costos observados. Sin embargo, cualquier mecanismo de regulación de incentivo que solamente se enfoque en la reducción de costos creara seguramente incentivos para reducir la calidad cuando esta tiene una relación positiva con los costos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

La distribución de energía es un sistema que transporta la energía desde las subestaciones de transmisión a los clientes. Además de transportar la energía, el sistema de distribución convierte el voltaje a un nivel apropiado para el uso que los clientes necesitan, lo mantiene regulado dentro de un rango aceptable, detecta fallas y es el responsable de corregirlas para evitar daños o inconvenientes a los consumidores (Massachusetts Institute of Technology, 2011).

Los más recientes avances tecnológicos en el sector energético incluido el proceso de distribución, son las llamadas redes eléctricas inteligentes, que consisten en redes que integran los procedimientos de los generadores, distribuidores y consumidores, con el fin de alcanzar un suministro eficiente, seguro y sostenible, a través de equipos y tecnologías de comunicación y control, lo cual ayuda a automatizar la red para mejorar los índices de calidad, las operaciones de la red y las pérdidas generadas. Así mismo, optimiza la conexión utilizando fuentes de energía renovable y minimiza costos por conexión (Energía y Sociedad, 2010).

Específicamente para el caso de la distribución de energía, que es el interés de esta investigación, el desarrollo de una red de distribución inteligente consiste en sistemas de manejo de distribución (SMD) más avanzados que permiten mejorar la calidad de la distribución y el suministro de energía.

Estos sistemas permiten monitorear en tiempo real el estado de los activos que componen las redes, y también, son capaces de simular en tiempo real los flujos de energía ante un cambio o interrupción en las redes, lo que le permite a los operadores saber de qué manera se afectarían los flujos y voltajes. Además de esto, existen mapas electrónicos que permiten a los operadores saber exactamente donde se presentan problemas, facilitando que las cuadrillas de reparación lleguen más rápido al sitio exacto donde deben hacer cambios o

reparaciones (ENDESA, 2012). Esto se reflejaría en menores costos y mayor confiabilidad en la entrega del suministro eléctrico.

Uno de los avances más significativos es el *Detector de Fallas, Aislamiento y Restauración Automatizado* o FDIR (*Automated Fault Detection, Isolation, and Restoration*). Este mecanismo requiere de múltiples cortacircuitos (circuit breakers), sensores, sistemas de comunicación y algoritmos de control provistos por un software especializado. Con la ayuda de estos equipos la red de distribución se puede dividir en secciones independientes que le permiten disminuir el impacto de una falla. Por ejemplo, en caso de que en un accidente de tránsito se caiga un poste de luz y se interrumpa el fluido eléctrico, el FDIR analiza el daño causado y las opciones de reparación, luego aísla el sitio de la falla y finalmente recalcula otra ruta del fluido eléctrico para hacer llegar el servicio a clientes que de otra manera se quedarían sin energía.

Otro procedimiento importante, es el llamado "*volt/VAR Control*", que consiste en monitorear el nivel del voltaje a lo largo de la red. Esto es importante ya que el voltaje disminuye a medida que las redes se alejan de las subestaciones y que los clientes consumen energía. Lo que actualmente hacen muchas empresas es ajustar el voltaje en un límite superior para asegurar que a lo largo de la red no se supere el límite inferior, sin embargo, en momentos de bajo consumo los límites se mantiene altos, suministrando energía a alto voltaje, lo que a su vez significa mayor consumo. El sistema *volt/VAR Control* monitorea y transmite el nivel de voltaje en tiempo real a la subestación, donde equipos especializados regulan el voltaje, logrando mantenerlo en los límites inferiores siempre que sea posible y a su vez disminuyendo el consumo. (Massachusetts Institute of Technology, 2011)

Ahora bien, luego de definir y explicar algunas de las ventajas de las redes inteligentes en la distribución de energía eléctrica, se expondrán algunas investigaciones sobre proyectos de redes que se han implementado en otros

países que han sido precursores en la iniciativa de invertir en estos avances tecnológicos.

En Estados Unidos la iniciativa de las redes inteligentes ha sido la respuesta a políticas estatales y federales, que promueven el desarrollo de tecnologías que permiten producir energía sin o con muy baja emisión de dióxido de carbono, la capacidad de atender la posible expansión de los requerimientos necesarios para la carga de vehículos eléctricos a nivel de distribución, motivar a los consumidores a hacer uso más eficiente de la energía y así reducir la demanda, reducir los costos de medición de consumo y otros costos de la operación de las redes, y acelerar el remplazo de redes en deterioro con redes modernas que mejoren la confiabilidad y calidad de la distribución.

Bajo la administración del presidente Obama se han dado significativos subsidios para estimular la adopción de redes inteligentes. Dentro del paquete de estímulo a la economía de esta administración, “The American Recovery and Investment Act of 2009 (ARRA)” se destinaron 4.5 billones de dólares a la investigación e implementación de redes inteligentes de energía (Joskow P. L., 2011).

Como resultado de los incentivos del gobierno, algunos estados (Texas, California, Ohio, New Jersey, Illinois, New York) han adoptado programas y están adelantando esfuerzos para la futura implementación de redes inteligentes. California ha pasado una nueva ley (*Senate Bill 17* de 2009) que requiere que las empresas del sector de energía de ese estado comiencen la transformación de la red eléctrica a una que sea más segura, confiable, eficiente y asequible. (California Public Utilities Commission, 2010). Los avances ya son visibles, las compañías *Duke Energy Carolinas, LLC* (Indiana, North Carolina, Ohio, South Carolina), *CenterPoint Energy Houston Electric, LLC* (Texas) y *Florida Power & Light Company* (Florida) han comenzado a desarrollar los programas más costosos del país en implementación de redes inteligentes, y en ese mismo orden los programas tienen costos de US\$688,480,400; US\$688,480,400 y

US\$578,963,314 y cada empresa recibió para cubrir estos costos la suma de US\$200,000,000 del programa ARRA. (smartgrid.gov, 2013)

Acharjee (2012) sugiere estrategias para hacer posible la Implementación de las redes inteligentes, de acuerdo a la situación social, económica , política y ambiental de India. Considera que el sistema eléctrico debe reestructurarse desde su generación hasta su consumo, puesto que la disponibilidad de tecnologías de computación y de sistemas de automatización, son de gran importancia para resolver las crisis de energía y, a su vez, prevenir la inestabilidad de los sistemas existentes. Además, plantea que la aplicación de las redes inteligentes debe ser un objetivo primordial en todo el mundo, teniendo en cuenta la creciente demanda de energía eléctrica, el funcionamiento seguro y estable de la red , la exigencia de alta calidad y la confiabilidad del suministro de energía para los consumidores. No obstante, considera que esta implementación dependería de manera crucial de las tendencias actuales y futuras de las regulaciones ambientales y de los costos de la tecnología. El autor explica que actualmente el Gobierno de Indonesia considera las redes inteligentes como un componente clave de su estrategia nacional, prestándole atención especial a la “aplicación de conservación de energía, reducción de emisiones, energía verde, desarrollo sostenible, satisfacción del cliente y sistemas de energía seguros y confiables”, en consecuencia de la industrialización, del aumento de energía y de la falta de conciencia ambiental. Finalmente, enfatiza en que India necesita el uso de dispositivos de comunicación, de regulación precisa y medidores inteligentes para reducir las pérdidas en la línea de transmisión, el robo de energía y superar la no confiabilidad del sistema de energía. Para esto sugiere tener en cuenta las experiencias de reformas del sector energético de Estados Unidos y profundizar en programas de investigación en colaboración con organizaciones y entidades investigativas de Estados Unidos sobre tecnologías emergentes.

Ngar-yin, Vleuten, Chi-man & Hills (2012) evalúan las motivaciones, procesos y resultados del desarrollo de redes inteligentes en Corea del Sur. Entre sus

hallazgos encuentran que el gobierno de Corea tiene sus fuerzas dirigidas en impulsar cambios en el sector de energía y en la movilización del sector privado y para esto son conscientes de las reformas que debe tener el mercado de electricidad, sobre todo en los mecanismos de fijación de precios y la participación de los consumidores para lograr cambios de políticas significativos.

Según los autores, Estados Unidos, La Unión Europea y Corea han sido uno de los primeros en la iniciativa del desarrollo de las redes inteligentes, ya sea adoptando mediciones inteligentes o sistemas descentralizados con participación activa de los usuarios finales, en donde pueden vender energía a partir de micro-generación de tecnologías (Ragwitzetal, 2010). En consecuencia, sugieren fijar precios dinámicos, es decir, cobro de tarifas de energía en diferentes momentos del día y del año para reflejar el costo variable en el tiempo del suministro de energía para lograr que los consumidores tengan una participación activa y efectiva. (Faruqui &Palmer, 2011, p.16).

Finalmente, concluyen que la convergencia de políticas, los incentivos de empresas y las motivaciones de los consumidores son factores fundamentales para impulsar los cambios en el sistema eléctrico. Además, encontraron que la presencia de reformas parciales y la desconfianza pública en el mercado de energía han creado barreras para desarrollar condiciones favorables para el cambio en Corea. Por lo anterior, sugieren programas sobre redes inteligentes para mejorar la comprensión pública de la fijación de precios dinámicos y para restaurar la confianza del público, puesto que es necesario reconocer que la electricidad debe ser un sector más liberalizado, donde las señales del mercado y la competencia jueguen un papel mucho más importante que la regulación.

Cabe aclarar, que en esta sección se pretende incluir algunas experiencias de otros países líderes que están implementando las redes inteligentes. En la siguiente sección se exponen de manera profunda los casos de España, Brasil, Chile. Se escogieron estos países para el análisis de comparación y contraste dado su gran avance y similitudes Institucionales y económicas con Colombia.

4. MARCO REGULATORIO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES INTELIGENTES EN CHILE ESPAÑA, Y BRASIL

Chile

En Chile el sector eléctrico está dividido en las actividades de generación, transmisión y distribución, las cuales son llevadas a cabo por empresas privadas reguladas por el estado, en este caso la Comisión Nacional de Energía (CNE), a su vez dependiente del ministerio de energía de este país.

Las empresas distribuidoras compran energía a las generadoras para luego venderla a sus clientes, traspasando a estos el precio al que compran la energía y adicionando el Valor Agregado de Distribución (VAD), el cual es determinado por la CNE. El VAD determinado está basado en el costo medio de una empresa distribuidora eficiente operando en el país (una empresa modelo) y considera costos fijos por usuario (gastos de administración, facturación y atención), pérdidas de distribución en energía y potencia, y costos de inversión, mantenimiento y operación de la concesión de distribución, por unidad de potencia suministrada. Además, según la ley, las distribuidoras deben mantener una rentabilidad a nivel de toda la industria de distribución, considerándola como un conjunto, dentro de una banda del 10% ± 4% anual. Para lograr esto, el VAD es determinado de manera tal que las empresas puedan cubrir los costos antes mencionados y además tener una rentabilidad de 10%±4% anual (Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile, 2013).

En cuanto a la calidad del servicio, la regulación chilena (Artículo 239 - Decreto Supremo Nº 327 del año 1997, del Ministerio de Minería) define estándares normales obligatorios con límites máximos de variación en cuanto a tensión, frecuencia, disponibilidad y otros. Además se determinan multas y sanciones a ser

aplicadas ante el incumplimiento de los estándares de calidad. Sin embargo, en la ley actual no existen requerimientos obligatorios en cuanto a la inversión en mejoras técnicas que correspondiesen a lo relacionado con redes eléctricas inteligentes en materia de distribución.

Recientemente, en febrero de 2012, el gobierno chileno presentó la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2012 - 2030, que define los lineamientos que seguirá el país en materia energética durante los próximos años (Gobierno de Chile, 2013). Esta propuesta consiste en un plan del gobierno de revisar la legislación actual que rige al sector eléctrico con el fin de poner en marcha planes para mejorar la eficiencia energética, incorporar y potenciar las energías no renovables, y mejorar los sistemas de transmisión y distribución. Principalmente la ENE pretende alcanzar los objetivos implementando las tecnologías de redes inteligentes con énfasis en la generación distribuida y medidores inteligentes para los clientes. Sin embargo, como objetivo general se tiene el completo mejoramiento de la eficiencia de todo el sector eléctrico, lo que incluye el desarrollo y la inversión en mejoras tecnológicas en la parte de distribución.

Actualmente se lleva a cabo el proyecto “Smart City Santiago”, proyecto realizado por la compañía Chilectra S.A, compañía filial del grupo Enersis S.A, a su vez controlado por la multinacional española Endesa S.A.

Smart City Santiago es un prototipo de ciudad inteligente, “los prototipos de Ciudades Inteligentes corresponden solo a un grupo exclusivo a nivel mundial, los que se despliegan como una propuesta integral para asegurar el desarrollo energético sostenible de las urbes del futuro. Se trata de proyectos inclusivos y demostrativos a menor escala, en el que se requiere la participación conjunta de las empresas eléctricas, gobiernos nacionales y locales, universidades, proveedores de tecnologías y los propios usuarios. Estas metrópolis del futuro a escala ya son palpables en proyectos implementados por el Grupo Enel-Endesa

en Europa, en ciudades tales como Génova y Bari en Italia; y Barcelona y Málaga en España” (Chilectra S.A, 2013).

Este proyecto incluye toda clase de tecnologías de redes inteligentes, sin embargo en materia de distribución que es el enfoque de este trabajo, Chilectra se encuentra implementado tecnologías como: monitoreo de líneas de alta tensión (temperatura, velocidad y dirección del viento), monitoreo en subestaciones de enlace (gases disueltos en el aceite de autotransformadores para prevenir fallas), monitoreo online de temperatura de redes subterráneas (mediante fibra óptica), telecontrol de la red de media tensión y desarrollo de piloto de red auto-configurable, monitoreo de transformadores de distribución, personal en terreno transmite lecturas desde pocket-PC vía celular, lectura de medidores de difícil acceso mediante terminales con radio frecuencia, gestión remota de asignación de trabajos de mantenimiento, emergencia y construcción, vehículos en terreno con GPS y acceso a cartografía de redes, y un sistema navegador automatizado central (optimiza rutas y órdenes de trabajo a cuadrillas).

España

En el caso de España, la regulación del sector eléctrico está fundamentada en la Ley 54/1997 y su fin es establecer la normatividad necesaria para garantizar el suministro, garantizar la calidad y también para que se realice al menor costo posible, sin dejar de un lado la protección del medio ambiente (UNESA, 2007).

Al igual que en otros países, la transmisión y la distribución eléctrica son monopolios naturales, por lo cual son actividades reguladas. Dentro del marco regulatorio, la distribución cuenta con unos sistemas de peaje por acceso a redes que es determinado por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio y con una retribución regulada. La retribución es fijada por la parte administrativa para evitar abusos de dominio, y su transparencia la garantizan con la separación jurídica de las actividades reguladas y no reguladas. Esta retribución se establece

reglamentariamente según algunos criterios como los costes de inversión, la operación y mantenimiento de las instalaciones, la energía circulada, un modelo que caracteriza las zonas que distribuyen, los incentivos por la calidad y la reducción de pérdidas. Además de esto, quienes pretendan tener acceso a las redes deben garantizar el menor coste posible en los sistemas de distribución.

De acuerdo a las últimas leyes del marco regulatorio, la Orden Ministerial IT/3860/2007 estipuló que los contadores de medida de suministro de energía eléctrica debían ser sustituidos por nuevos contadores que permitan conocer la discriminación y la telegestión. El plazo dado es hasta el 31 de Diciembre de 2018. Así mismo, el decreto 1110/2007 establece un reglamento en el cual se determinan las funciones que debe cumplir los nuevos equipos de medida, es decir, los contadores. Por esta razón entre otras, varias empresas del sector eléctrico han iniciado la implementación de esos avances tecnológicos que pertenecen a las llamadas redes inteligentes, donde ENDESA ha liderado en su gran mayoría los proyectos.

Uno de sus proyectos es *Smartcity Barcelona*, una ciudad inteligente que tiene como objetivo el desarrollo de una novedosa red inteligente, que generaría un mayor ahorro y una gestión eficiente y sostenible. Para esto, Endesa instalaría más de 1.000.000 de nuevos telecontadores en la ciudad que ayudan a optimizar el consumo de energía de los clientes. Además, permitiría facilitar y aumentar la capacidad de previsión.

La inversión en esta fase inicial del proyecto supera los 100.000.000 euros, que ayudarían a beneficiar aproximadamente 50.000 clientes, y que buscaría extenderse aún más (ENDESA S.A., 2012).

De igual manera, también han desarrollado el proyecto *Smartcity Málaga*, proyecto pionero en España. Su finalidad es dar respuesta a los actuales desafíos energéticos y medioambientales, a la escasez de recursos energéticos, y los cambios climáticos.

Con este proyecto buscan principalmente modificar los hábitos de consumo energético, aumentar la eficiencia en un 20%, reducir CO2 en 20% y aumentar las fuentes renovables en un 20%. Esto incrementaría la utilización de fuentes renovables, potenciaría la calidad del suministro y haría posible el uso de carros eléctricos y el almacenamiento de la energía.

Para esto, cuentan con un presupuesto de 31 millones de euros y un periodo de 4 años para terminar de implementar, es decir, para que en Smartcity Málaga logren almacenar energía en baterías, y para que la energía generada por parte de los usuarios pueda ser consumida en climatización, en alumbrado público o transporte eléctrico. Lo anterior, gracias a la instalación de nuevos contadores que permitirían a los usuarios tener control sobre su consumo y generar energía (ENDESA S.A., 2012).

Se resalta que Málaga cumple con todos los requisitos para ser una ciudad inteligente, ya que cuenta con buena infraestructura, buena capacidad tecnológica y un gran apoyo administrativo.

Por otra parte, IBERDROLA una de las mayores compañías eléctricas a nivel mundial y primer grupo energético de España, lidera el Proyecto STAR (Sistemas de Telegestión y Automatización de la Red), el cual tiene como objetivo transformar tecnológicamente con redes inteligentes el sistema de distribución de energía, combinando las instalaciones tradicionales con tecnologías de monitorización, sistemas de información y telecomunicaciones, para obtener una distribución de energía de manera óptima, y satisfacer el aumento de demanda de energía eléctrica en el futuro. Este proyecto ha sido implantado en Castellón, donde renovaron 100.000 contadores de servicio a los clientes, y adaptaron los centros de transformación con prestación de servicios a distancia, lectura de equipos medidores y modificaciones de potencia, con lo cual aproximadamente 180.000 clientes cuentan con un servicio que les mejora la calidad del suministro eléctrico y con menos incidencias. Gracias a la inversión de nuevos contadores digitales y a las placas solares, los usuarios pueden disponer de la información de

los cierres y la curva de carga horaria, que no podían conocer con los contadores analógicos (IBERDROLA S.A., 2013).

Esta compañía considera que este tipo de proyectos trae muchos beneficios tanto para los clientes como para la sociedad en general, ya que mejora la calidad del suministro, permite una gestión más eficiente de consumo para la reducción de la facturación a los clientes, las facturas se realizan con lecturas reales, se incrementa el Producto Interior Bruto, mejora la seguridad en las instalaciones, disminuyen las emisiones de CO₂, y optimizan las inversiones en la red. Así mismo, estiman que la incorporación de equipos electrónicos en los centros de transformación mejorará la operatividad del negocio, en sus operaciones, en su planificación y en la optimización de la red, con lo que se podrá conseguir mayor visibilidad sobre la cadena de distribución, mejoría en la operación de la red y la calidad del servicio, es decir, una reducción en los tiempo de interrupción del suministro, localizar en el mismo instante el punto exacto donde se dio el problema de suministro eléctrico y una participación más activa de los clientes en el mercado, entre otras. (IBERDROLA S.A., 2013)

Brasil

En Brasil, la regulación está diseñada para que la expansión de la generación tenga lugar por la demanda de contratos de los concesionarios distribuidores y de los grandes consumidores.

El organismo regulador es la Asociación Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), y éste impone a los distribuidores la obligación de “realizar contratos por el 100% de su demanda de energía, que se realizan con una anticipación de un año para la energía a suministrar por centrales ya existentes, y de tres o cinco años para centrales nuevas a ser construidas” (CIER, 2012).

Las empresas distribuidoras son en su mayoría de carácter privado, aunque una parte de los estados de la Federación mantiene la propiedad de empresas de distribución. No pueden realizar actividades de generación y transmisión, ni venta a consumidores que no estén localizados en el área de concesión, pero en caso de que si estén localizados allí deben vender bajo condiciones de tarifas de clientes regulados.

La contratación de energía por parte de las empresas distribuidoras es regulada en su totalidad, y de esta manera se les admite el traslado a las tarifas de hasta un 3% de energía contratada por encima de su demanda, pero si la contratación es mayor al 3% es objeto de penalidad. En el caso de existir un déficit en la contratación, las empresas distribuidoras debe comprar energía en mercado de corto plazo (CIER, 2012).

En cuanto los activos del distribuidor, existe una base de remuneración que refleja las inversiones requeridas para prestar el servicio, y que valora los activos a precios de mercado.

Los activos son valorados entonces por su precio de reposición a nuevo según una base de datos de precios que mantiene la ANEEL. Este banco de datos “determina una medida de los precios de los últimos dos a cuatro años por tipo de equipamiento, en base a las compras efectivamente realizadas por la concesionaria. Al valor de reposición de los activos, subestaciones, terrenos y edificaciones se les aplica un factor multiplicativo denominado índice de aprovechamiento, el cual refleja el grado en que los activos están siendo bien empleados” (CIER, 2012).

Recientemente, el marco regulatorio a través de la resolución N.502/2012, determinó reglas para llevar a cabo la implementación de las redes eléctricas inteligentes, con el mandato por ejemplo de instalar medidores inteligentes en cualquier instalación nueva, y también reemplazar 75 millones de medidores convencionales.

Además de esto, la firma ENDESA firmó un convenio con el Estado de Rio de Janeiro y la alcaldía de Buzios para desarrollar el proyecto de ciudad inteligente. Este proyecto contará con las tecnologías más innovadoras que han sido ya probadas por el grupo ENEL, las cuales consisten en medidores digitales, automatizaciones que integran la generación existente, nuevas energías renovables y vehículos eléctricos.

Algunos beneficios que trae esta inversión, son la posibilidad de aplicar tarifas diferenciadas de acuerdo con los horarios de consumo, utilizar lámparas LED en el alumbrado público, y una red de distribución más eficiente con sistemas de control automáticos que reducen la duración de la interrupción del suministro (ENDESA, 2012) .

5. REGULACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN COLOMBIA

Antes de la década de los 90, el sector eléctrico de Colombia estaba conformado por empresas de carácter estatal, las principales ciudades del país contaban con sus propias empresas y el resto del país estaba interconectado. El proceso de generación de energía estaba a cargo de la empresa ISA, quien a su vez, era dueña de las redes de transmisión, encargándose así de la operación del sistema eléctrico y de atender la demanda nacional de manera centralizada. Sin embargo, la mala administración de varias empresas causó pérdidas y bajos recaudos, esto no permitió pagar por más energía al sistema interconectado. En consecuencia, el sistema colapsó en 1991, sufrió un apagón y por tanto el sector se tuvo que reestructurar.

En 1991, Colombia adoptó una nueva Constitución, en la cual se establecieron las Leyes 142 y 143 de 1994, las cuales permitieron que empresas particulares prestaran también servicios, y que se fijaran las tarifas teniendo en cuenta la suficiencia financiera y la eficiencia económica.

Además de esto, se fundamentó la regulación para el sector, en donde determinaron la desintegración vertical de las actividades, la separación de las actividades, la eliminación de monopolios legales y el libre acceso a las redes de transmisión y distribución. También establecieron que las entidades regulatorias debían separarse para mejorar la vigilancia y control (Vélez Alvarez, 2012).

Actualmente, en Colombia el sector eléctrico se divide como en otros países, en las actividades de generación, transmisión, distribución, y comercialización, de las cuales la distribución es regulada por el estado a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) dada su condición de monopolios naturales. Este sector funciona de manera similar a los demás países estudiados, en donde la regulación de la transmisión es una regulación de ingreso máximo anual, es decir, el ingreso garantizado de cada transmisor (IAT) es la suma del costo anual equivalente del activo eléctrico, incrementado en un 5% para reconocer el activo no eléctrico; los gastos de administración, operación y mantenimiento (AOM), equivalentes al 4% del costo de reposición del activo eléctrico; el costo anual equivalente de los terrenos (CAET), que es el 5,69% del valor catastral de los terrenos, y el costo anual equivalente de las servidumbres, según los contratos vigentes, y a esta suma se le restan otros ingresos obtenidos (OI) por otros usos de los activos. Lo anterior se resume en la fórmula:

$$IAT = CAEA + AOM + CAET + CAES - OI$$

Este ingreso anual de cada transportador se divide por 12 y el monto resultante se divide por la demanda comercial mensual para obtener así el cargo de distribución que se traslada a la tarifa del consumidor final.

En el caso de la distribución de energía, la regulación se da de acuerdo a los niveles de tensión. Cuando el sistema de distribución es de carácter regional (niveles altos de tensión) se aplica la misma fórmula de la transmisión con una tasa de descuento de 13%, pero, cuando el sistema es de niveles bajos como los de distribución local, se establece una regulación de precio máximo donde se realiza una proyección de la demanda comercial que el distribuidor debe asumir y la tasa de descuento es de 13.9%.

En cuanto a la calidad de la distribución, se regula fijando unos niveles máximos admitidos para las interrupciones del servicio, y en caso de no cumplir con lo anterior, los distribuidores deben devolver el dinero descontándolo de las sumas respectivas presentadas en las facturas emitidas a los usuarios (Vélez Alvarez, 2012).

Actualmente, existe una iniciativa llamada *Colombia Inteligente*, liderada por XM Compañía de Expertos en Mercados, CIDET (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico), COCIER (Comité Colombiano de La Comisión de Integración Energética Regional), CON (Consejo Nacional de Operación), CAC (Comité Asesor de Comercialización) y CINTEL (Centro de Investigación de Las Comunicaciones), quienes han venido estructurando una propuesta de proyecto cuyo objetivo es establecer con las principales empresas del sector eléctrico y demás sectores relacionados, un marco de lineamientos, políticas y estrategias para el desarrollo óptimo de las redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano pero orientado a los retos del país, considerando los beneficios y costos esperados.

La motivación que tienen para desarrollar este tipo de proyectos de tecnología inteligente, es el hecho de los países cada vez requieren más energía los hogares y las industrias, y la idea es “hacer más con lo mismo, o bien, hacer lo mismo con menos” (Colombia Inteligente, 2011).

Para esto, CIDET ha desarrollado una serie de investigaciones desde la perspectiva regulatoria, donde han considerado una adopción de estándares de interoperabilidad, la creación de mapas de ruta de largo con puntos concretos, el desarrollo de planes de educación y participación de los clientes, el diseño de incentivos regulatorios y financieros para la inversión en redes inteligentes y establecimiento de reglas de seguridad y confidencialidad de la información.

Algunos de los proyectos que ya han empezado a desarrollar son: “el diseño e implementación de un sistema de telegestión para alumbrado público del municipio de Sabaneta Antioquia; un sistema piloto para la telegestión de iluminación pública con luminarias LED con paneles solares; caracterización de tecnologías de almacenamiento de energía enmarcadas en el concepto de redes inteligentes y oportunidades para la implementación en Colombia; conceptualización de un laboratorio de redes inteligentes en Colombia y un diseño de una microred inteligente piloto para crear una ciudad inteligente (CIDET , 2013).

En el tema específico de la distribución, se estima que entre el 2010 y el 2026, hayan podido aumentar la eficiencia, automatizar las subestaciones de distribución, tener una gestión avanzada de los activos, automatizar las redes, contar con detectores automáticos de fallas y auto reparación, lograr un mantenimiento inteligentes, establecer limitadores de corrientes de falla, tener una infraestructura avanzada de medición, y operar redes con generación distribuida (Colombia Inteligente, 2011).

Sin embargo, hasta el momento la CREG no ha intervenido para impulsar el desarrollo de las redes inteligentes en distribución, ni medidores inteligentes que permitan conocer los picos de consumo diario.

Es claro, que hasta el momento el ente regulador no tiene un papel activo que facilite e incentive este tipo de proyectos en el país.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las condiciones de los sectores eléctricos de los países estudiados, se pudo identificar que la distribución de energía es una actividad que se considera monopolio natural tanto en Colombia, como en Brasil, Chile y España, y por esto resulta necesario establecer un marco regulatorio que controle el precio y la calidad del suministro eléctrico.

La modalidad de regulación en estos países es muy similar, el Estado garantiza a las empresas reguladas una remuneración por todos sus costos y además garantiza una remuneración o tasa de retorno por su inversión en activos. En cuanto a la calidad, el ente regulador establece penalidades de acuerdo al tiempo de interrupciones eléctricas que sufran los usuarios.

Es evidente que en todos los países estudiados se está implementando o hay por lo menos grandes iniciativas para la implementación de redes inteligentes, desde España que se podría decir es el más avanzado, hasta Colombia donde ya existe una iniciativa producto de la tendencia mundial. Las razones por las cuales estos avances se han dado de manera diferente y en distintas medidas en los países explorados no son perfectamente claras, pero, se puede observar que en común los países que más han avanzado, deben este avance a la directa intervención del estado.

Brasil mediante la legislación obligó a instalar nuevos contadores inteligentes con un plazo hasta diciembre del 2018 y estableció las condiciones que deben cumplir los medidores. En España, una nueva resolución también determinó que se deben reemplazar 75 millones de contadores convencionales por los inteligentes, y que en nuevas instalaciones todos los medidores deben ser de última tecnología. En Chile el plan del gobierno del presidente actual promete estudiar y mejorar la legislación que regula el sector eléctrico, para establecer una que permita el avance y la implementación en redes inteligentes. En Estados Unidos el gobierno

ha contribuido en estos proyectos, incentivando la instalación de contadores bidireccionales que faciliten la introducción de micro generación, fomentando la compra de automóviles eléctricos, destinando 4.5 billones de dólares para proyectos de inversión y desarrollo de redes inteligentes.

Por lo anterior, se puede ver que en Colombia el Estado como regulador, no ha intervenido de ninguna manera para que las empresas distribuidoras inviertan al menos en medidores inteligentes, es decir, ni obliga ni genera algún tipo de incentivo. En este punto cabe mencionar, que la iniciativa en investigación para este tipo de proyectos es de muy pocas empresas del sector eléctrico colombiano, lo que hace aún más difícil establecer las necesidades del país frente a la adquisición de tecnología inteligente.

El hecho de que los avances se estén dando por cambios en la regulación que obligan a las empresas a avanzar, hace evidente que la regulación tradicional de control de precios o control de ingreso no incentiva la innovación y el avance tecnológico en los monopolios naturales del sector eléctrico. Bajo esta modalidad de regulación las empresas parecen entrar en un estado de comodidad, ya que el avance tecnológico de las redes inteligentes termina beneficiando en mayor medida a los consumidores, y por esto las empresas pueden ser indiferentes entre implementar o no tecnologías nuevas.

Por lo anterior, se observa que Colombia tiene un marco de regulación similar al de los países estudiados; sin embargo falta aún más iniciativa en la implementación de nuevas tecnologías que estos países ya han desarrollado.

Teniendo en cuenta que hay una iniciativa para comenzar a investigar sobre redes inteligentes, lo que falta para que sea posible este avance en Colombia es una intervención directa del estado que obligue a las empresas del sector eléctrico a implementar nuevas tecnologías, o en otro caso, incentive de forma monetaria como en Estados Unidos, o incluso establezca un cambio en la regulación actual que garantice tal vez mayores rentabilidades a la empresa que se implemente

nuevas tecnologías. El hecho es que en Colombia, como en los demás países, el estado es quien vela por una mejora del servicio que beneficie a los consumidores, ya que dada la naturaleza de monopolio natural del sector, las empresas no tienen incentivo para mejorar el bienestar del consumidor, por encima del bienestar de ellos mismos.

Por lo anterior, es muy importante mencionar, que aparte de contar con una participación más activa del regulador en investigación y desarrollo de los proyectos de distribución eléctrica inteligente, es necesario que establezcan claridad en el marco de regulación de esta actividad, ya que bajo la modalidad de regulación por tasa de retorno, se debe garantizar que la tecnología inteligente esté dentro de la base de los activos reglamentados, y que esta inversión se recupere en el corto plazo. Así, la tasa de retorno debe ser razonable para que las empresas puedan invertir.

Además de esto, no se puede olvidar el verdadero sentido de la implementación de las redes inteligentes, es decir, tanto el regulador como las empresas distribuidoras deben conocer perfectamente los beneficios positivos, considerando esta inversión como una solución a problemas operacionales, y no solo como un beneficio para los usuarios. En otras palabras, la inversión en redes eléctricas inteligentes en el largo plazo se traduce en menos costos de mantenimiento y operación para las empresas, más información de la dinámica horaria y manejo del consumo para los usuarios, y mayor competitividad a nivel sectorial y del país en general.

Para finalizar, se considera que este trabajo puede ser apenas una base para el inicio de varias investigaciones que con la recolección de más información puedan responder a muchas más preguntas y encontrar con mayor claridad, ¿por qué en algunos países de la Unión Europea y el caso específico de la empresa ENDESA en España, están liderando la mayoría de proyectos sin necesidad de que el estado los obligue?

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

Si bien se pueden encontrar evidencias que favorezcan el contraste del enfoque de esta investigación, resulta necesario aclarar las limitaciones que se presentaron para este estudio.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de tecnología inteligente aplicable a algunos sectores económicos como el energético, es una tendencia reciente y con muy pocos antecedentes, la restricción de datos y escasez de información estadística sobre el desarrollo de redes inteligentes tanto en Colombia como en otros países, no permite realizar un análisis empírico completo o tener alguna aproximación a través de métodos econométricos, que podrían dar respuestas a escenarios más específicos sobre este tema de interés.

BIBLIOGRAFÍA

- Acharjee, P. (2012). Strategy and Implementation of Smart Grids in India. *Energy Strategy Reviews*, 1-12.
- Berg, S. V. (2008). Introducción a los Fundamentos de la Regulación Mediante Incentivos. *Centro para la Investigación de los Servicios Públicos. Universidad de Florida*, 1-4.
- California Public Utilities Commission. (Junio de 2010). *CPUC LAUNCHES PLAN TO MODERNIZE ELECTRIC GRID*. Obtenido de http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/NEWS_RELEASE/119756.pdf
- Cardona Salazar, J. (2011). *REGULACIÓN DE LOS MONOPOLIOS NATURALES PRIVATIZADOS MEDIANTE LOS ESQUEMAS DE TASA DE RETORNO Y PRECIO MÁXIMO*. Suiza.
- Chilectra S.A. (2013). *Comunicados de Prensa*. Recuperado el Abril de 2013, de <http://www.chilectra.cl/wps/wcm/connect/NGCHL/chilectracl/la+compania/comunicados+de+prensa/2012-08-13+smartcitysantiago>
- CIDET . (2013). *Corporación Centro de Inveestigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de Corporación Centro de Inveestigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico: <http://www.cidet.org.co/redes-electricas-inteligentes-smart-grids>
- CIER. (2012). *Regulación del Sector Eléctrico*. Recuperado el Abril de 2013, de Regulación del Sector Eléctrico: <https://sites.google.com/site/regulacionsectorelectrico/brasil>
- Colombia Inteligente. (Marzo de 2011). Marco Estratégico y Propuesta Nacional de Redes Inteligentes en Colombia. *Redes Inteligentes en Colombia*, (pág. 21).
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (s.f.). *CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas*. Recuperado el 12 de Febrero de 2013, de www.creg.gov.co
- Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile. (2013). *LA REGULACIÓN DEL SEGMENTO DISTRIBUCIÓN EN CHILE*. Recuperado el 12 de Abril de 2013, de Comisión Nacional de Energía: www.cne.cl

- ENDESA. (2012). *ENDESA*. Recuperado el Abril de 2013, de <http://www.endesasmartgrids.com/index.php/es/distribucion-inteligente>
- ENDESA. (2012). *LOS PROYECTOS*. Recuperado el Abril de 2013, de <http://www.endesasmartgrids.com/index.php/es/smartcities/buizos>
- ENDESA S.A. (2012). *ENDESA*. Recuperado el Abril de 2013, de LOS PROYECTOS: <http://www.endesasmartgrids.com/index.php/es/smartcities/barcelona>
- ENDESA S.A. (2012). *ENDESA*. Recuperado el Abril de 2013, de LOS PROYECTOS: <http://www.endesasmartgrids.com/index.php/es/smartcities/malaga-espana>
- Energía y Sociedad. (2010). *Smartgrids: Redes Eléctricas Inteligentes*.
- Faruqui, A., Palmer, J., 2011. Dynamic pricing and its discontents. *Regulation*, Fall, 16–22.
- Gobierno de Chile. (2013). *Ministerio de Energía*. Recuperado el Abril de 2013, de Ministerio de Energía: <http://www.minenergia.cl/>
- IBERDROLA S.A. (2013). *DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA IBERDROLA*. Recuperado el Abril de 2013, de <https://www.iberdrola.es/webibd/corporativa/iberdrola?IDPAG=ESWEBREDDISREDINT>
- Intermoney Energía S.A. (17 de Mayo de 2011). *Marcos Regulatorios para el Desarrollo de Redes Inteligentes*. Recuperado el 01 de febrero de 2013, de http://www.energiaysociedad.es/pdf/presentacionesProgramaSmartGrids/110517_regulacion_de_las_redes_inteligentes_upm_etsii.pdf
- Joskow, P. L. (2011). *CREATING A SMARTER U.S. ELECTRICITY GRID*. Obtenido de MIT Economics: <http://economics.mit.edu/faculty/pjoskow/papers>,
- Joskow, P. L. (2011). Incentive Regulation in Theory and Practice: Electricity Distribution and Transmission Networks. *University of Chicago Press*.
- Lozano, I., & Rincón, H. (2012). Formación de las tarifas eléctricas e inflación en Colombia. *Borradores de Economía*, 4.

Laffont, J-J and J. Tirole (1993), *A Theory of Incentives in Regulation and Procurement*, Cambridge, MA: MIT Press.

Massachusetts Institute of Technology. (2011). *The Future of the Electric Grid. - An Interdisciplinary MIT Study*. Obtenido de <http://web.mit.edu/mitei/research/studies/the-electric-grid-2011.shtml>

Ngar-yin Mah, D., Vleuten, J., Chi-man Ip, J., & Hills, R. (2012). Governing the transition of socio-technical systems: A case study of the development of smart grids in Korea. *EISEVIER*, 1-9.

NULLVALUE. (09 de Noviembre de 2001). *EL TIEMPO*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de *EL TIEMPO*: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-703831>

Pistonesi Castalli, H. (2001). Elementos de Teoría Económica de la Regulación: Aplicación a las Industrias Energéticas. *Instituto de Economía Energética*.

Ragwitz, M., Held, A., Stricker, E., Krechting, A., Resch, G., Panzer, C., 2010. Recent Experiences with Feed-in Tariff Systems in the EU—A Research Paper for the International Feed-in Cooperation: A report commissioned by the Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).

Salazar Diez de Sollano, F. (2008). *El papel del Regulador Económico y la Iniciativa de Reforma Energética del Ejecutivo Federal*.

San Diego Gas & Electric. (Septiembre de 2009). *Symposium on Microgrids*. Obtenido de http://der.lbl.gov/sites/der.lbl.gov/files/sandiego_bialek.pdf

smartgrid.gov. (2013). *Recovery act smart grid programs*. Obtenido de http://www.smartgrid.gov/recovery_act/project_information?order=field_total_value_value&sort=desc&keys=&reset=Reset

UNESA. (14 de Junio de 2007). *Asociación Española de Energía Eléctrica*. Recuperado el Abril de 2013, de Información sobre el sector eléctrico : <http://www.unesa.es/sector-electrico/la-regulacion-electrica-en-espana-y-europa/regulacion-del-sistema-electrico-espanol/ley-5497-del-sector-electrico>

Vélez Alvarez, L. G. (25 de Febrero de 2012). *La regulación del sector eléctrico colombiano- Visión de conjunto*. Recuperado el 10 de Marzo de 2013, de <http://luisguillermovelezalvarez.blogspot.com/2012/02/la-regulacion-del-sector-electrico.html>

