

PENETRACIÓN DE FUENTES RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA UTILIZANDO REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES

Prof. Ing. Mario Bartolomeo
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

Prof. Ing. Marcelo Tavella
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

RESUMEN

En el último reporte mundial de la IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático): el Quinto Informe de Evaluación AR5 se expresa: “La influencia humana sobre el clima es clara y creciente, con impactos que se observan en todos los continentes”. Es la primera vez que los científicos exigen a los gobernantes aspirar a llevar sus emisiones a cero, para lograr evitar superar el umbral de un calentamiento nefasto de 2° centígrados por sobre los niveles preindustriales. Esto significa que las reservas de hidrocarburos y su destino final, donde alrededor del 80% de los combustibles fósiles que se sabe que existen bajo diferentes formas en el subsuelo tendrían que quedarse donde están. La economía mundial adoptó hace muchas décadas un perfil energético que depende totalmente de los combustibles fósiles. Se hace necesario cambiar la infraestructura asociada a ese perfil, aceptando que es un proceso costoso y lento, pero totalmente realizable. Las nuevas fuentes de energías alternativas, han adquirido una madurez razonable, sin embargo son fuentes poco predecibles y para que tengan penetración masiva en nuestro rígido sistema energético es necesario trabajar sobre la estructura actual y dotarla de inteligencia artificial por medio de las nuevas tecnologías de información y comunicación, conocidas como “Redes Eléctricas Inteligentes”, que permiten la generación distribuida con nuevas fuentes de origen renovables, transformándose en un sistema flexible en operación y control y fundamentalmente sustentables en el tiempo.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático amenaza con impactos irreversibles y peligrosos, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático

(IPCC) publicó en Copenhague en su Quinto Informe de Evaluación (AR5) el estudio de la gravedad de dichos impactos, que ya se manifiestan como visibles y que podrían empeorar a medida que aumente la temperatura global. Los resultados de evaluación indican que el calentamiento en el sistema climático es un fenómeno indiscutible y que algunos de los cambios observados en las últimas décadas no tienen precedente desde hace miles de años. El calentamiento se observa en la atmósfera y los océanos, el volumen de hielo y la cantidad de nieve se han reducido y el nivel del océano se ha incrementado. Los estudios del IPCC muestran que las observaciones anteriores están correlacionadas con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera y el principal contribuyente es el dióxido de carbono (CO₂) que proviene principalmente del uso de combustibles fósiles.

El gráfico 1, muestra el aumento de las emisiones de CO₂ en millones de toneladas.

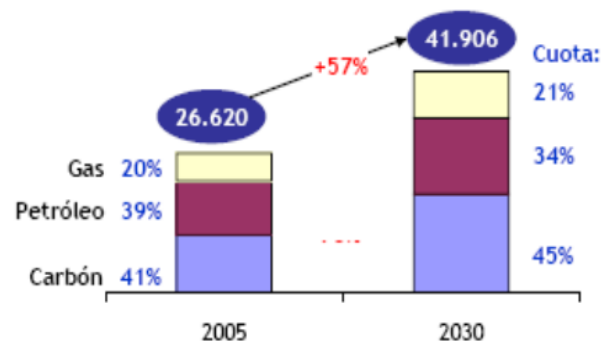


Fig.1 - Las emisiones de CO₂ aumentarán un 57% entre 2005 y 2030. Fuente: Gómez Targarona 2012.

Es importante señalar, que los informes del IPCC conforman un trabajo y un consenso colectivo nunca visto hasta el momento. Se hace necesario asegurar que este consenso a nivel científico y político conduce a que las principales conclusiones de cada uno de los informes, ha sido el resultado de debates y se ha consensado sobre la base de los datos recabados. Esto es fundamentalmente importante, cuando el 5to informe expresa como suma claridad que, “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco”, que “la influencia humana en el sistema climático es clara”, o que “para contener el cambio climático será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases efecto invernadero. El AR5 es el informe más contundente de todos, se basa en modelos climáticos más contrastados y en una cantidad mucho más amplia de estudios y evidencias.

Todos los informes de evaluación establecen escenarios futuros en función de la concentración de GEI en la atmósfera, es decir escenarios que incorporan impactos en relación directa con el tenor de las emisiones y agrupados en función del incremento de la temperatura media global, como lo indica la Fig.2.

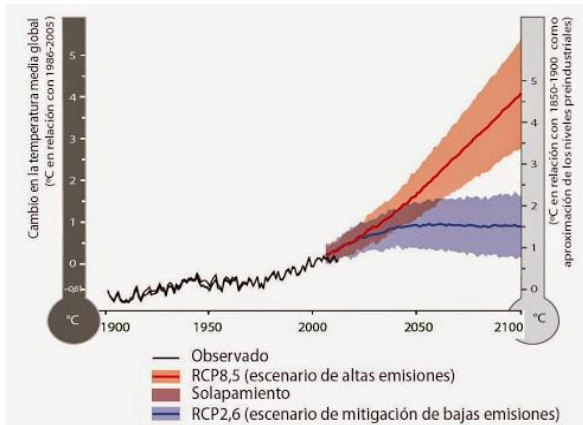


Fig.2_ Nivel de emisiones de gases efecto invernadero, proyectados para diferentes escenarios en función del incremento de temperatura media global. Fuente: IPCC AR5 WG1. Año 2013.

Existe un presupuesto de carbono, que es el límite de lo que podemos emitir y que prácticamente está agotado. A nivel mundial, las emisiones deben descender rápidamente, con un máximo de emisiones en esta década y disminuyendo hasta cero a mediados de siglo, si pretendemos evitar el cambio climático catastrófico. Los gobiernos, las empresas, y de hecho, todos nosotros debemos dar pasos para conseguir la eliminación gradual de los combustibles fósiles por completo. En contrapartida de lo expuesto, la economía mundial adoptó hace muchas décadas un perfil energético con total dependencia de

éstos combustibles. Las grandes corporaciones del sector energético mundial continúan erogando miles de millones de dólares en exploración y extracción de hidrocarburos en reservorios no convencionales de gran volumen, por medio de la fracturación horizontal “fracking”, en rocas de baja permeabilidad, como son las arenas compactas, los esquistos, etc.

De manera tal, que el informe (AR5) es una herramienta sólida y exhaustiva para medir el esfuerzo global contra el cambio climático. Ha sido aprobado por los 195 miembros del IPCC, que incluye a los gobiernos, además de los científicos, por lo tanto representa un consenso científico extremadamente amplio y global, que entrega señales claras para allanar el camino de conseguir en la COP21 (Conferencia de las Partes) de la ONU, que tendrá lugar en París, a fines de 2015, el acuerdo climático que el mundo necesita.

Resulta importante señalar a Rajendra K. Pachauri, presidente del IPCC, quién mencionó algunas soluciones que permitan un desarrollo económico y humano sostenible. Para ello, es necesario tener la voluntad de cambio y que esté motivado por el conocimiento y la comprensión de la ciencia del cambio climático. En tal sentido, expresa claramente, que las energías renovables y el uso inteligente de la energía son las formas más rápidas y más limpias para reducir las emisiones.

Es justamente en este sentido que se plantea el paradigma que el mundo está necesitando para combatir el cambio climático: las redes eléctricas inteligentes (REI) y las energías renovables.

La Fig.3 resume el desarrollo del presente trabajo:

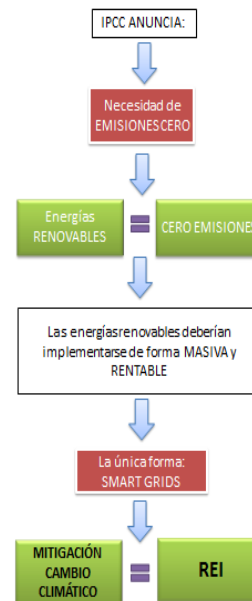


Fig.3_ Diagrama conceptual. Fuente: Elaboración propia

NOMENCLATURA

AA-CAES: Acumulación Adiabática por Compresión de Aire.

AR5: Quinto Informe de Evaluación.

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

Smart Grids: REI: Redes Eléctricas Inteligentes.

TES: Acumulación de Energía Térmica (Thermal Energy Storage).

CUERPO DEL DOCUMENTO

El modelo energético actual no es sostenible. Durante muchos años ha estado representado por una estructura rígida y claramente jerarquizada, en la que un centro de producción de energía abastece de forma unidireccional a muchos puntos de consumo que se encuentran generalmente muy alejados de la generación, conformando una infraestructura compleja y muy costosa para garantizar la entrega de energía al consumidor. En el sistema actual, la electricidad no se puede almacenar a grandes escalas, por lo tanto la energía generada debe ser consumida en tiempo real, es decir, que debe mantenerse un balance de potencia para evitar desajustes entre la oferta y la demanda, que provoquen efectos negativos sobre la red, como variación de la frecuencia y hasta interrupciones del servicio. Permanentemente debe adaptarse la generación a la carga. Es importante señalar que las redes eléctricas actuales no han cambiado desde hace más de 100 años y su idea básica consiste en hacer llegar grandes cantidades de energía a los usuarios finales en todo momento, tanto lo necesiten o no, conformando la ya mencionada relación unidireccional, donde los consumidores son meros receptores pasivos.

En la Fig. 4, se esquematiza, el flujo energético de <<arriba>> hacia <<abajo>> de una red tradicional.



Fig. 4_ Esquema unidireccional del sistema actual. Fuente: Gómez Targarona. Año: 2012.

Producir energía en base a hidrocarburos, en una cantidad no regulada, inflexible, vertical y con muchísimas pérdidas son razones más que suficientes para asumir la obsolescencia del sistema actual. En base a esto y al ya declarado nefasto cambio climático, resulta menester pasar a un modelo energético sostenible, que permita el desarrollo económico, social y medioambiental de los países desarrollados y emergentes, considerando sus características específicas. Para ello, debe modificarse radicalmente la forma de producir, distribuir y consumir la energía eléctrica, pasando de la red tradicional a una red dotada de inteligencia.

Las Redes Eléctricas Inteligentes (REI), tienen como objetivos generales reducir el consumo, limitar el uso de centrales eléctricas contaminantes e integrar millones de nuevas fuentes energéticas de origen renovables. Se deben desarrollar en forma progresiva sobre la infraestructura eléctrica existente, incorpora la generación distribuida y actuando sobre el consumo, especialmente sobre las cargas con alta constante de tiempo.

Con las REI se consigue una mejora sustancial en el control y la comunicación-información de los distintos actores y equipos implicados, con el objeto de favorecer la integración de tecnologías, presentes y futuras, y lograr optimizar la red.

La Fig. 5, esquematiza la red futura con inteligencia.



Fig. 5_ Red con inteligencia para la generación distribuida. Fuente: Gómez Targarona. Año: 2012.

Para el desarrollo de las REI, se requieren grandes inversiones, donde empresas ajenas al sector eléctrico empiezan a interesarse, como: Microsoft, Google, IBM, Oracle, Siemens, etc; quienes realizan investigación y desarrollo de equipos acordes con el principio de la REI. En otras palabras, replicar los conocimientos y operatividad de la red cibernética de información en una gran red eléctrica de productores, distribuidores y consumidores que maximice la eficiencia energética en todos los niveles. La incorporación de las TICs (tecnologías de información y comunicación) darán lugar a la presencia de sensores y tecnologías de medición para apoyar una respuesta más rápida y más exacta que el control remoto, permitiendo gerenciar en tiempo real la oferta y la demanda de energía; componentes avanzados de supervisión permitirán un diagnóstico rápido y soluciones adecuadas de cualquier evento en la red.

De manera tal, que en la estructura de comunicación estarán presentes redes de área local (Red LAN), que conecta equipos dentro de un área pequeña; redes de área metropolitana (Red MAN), que conecta diversas LAN geográficamente cercanas y una red de área extensa (Red WAN), que conecta múltiples LAN entre sí a través de grandes distancias geográficas, conformando una tecnología de comunicaciones integradas, que conectan componentes de arquitectura abierta, permitiendo la información y control en tiempo real y bidireccional.

La Fig. 6, muestra la taxonomía de una red inteligente.

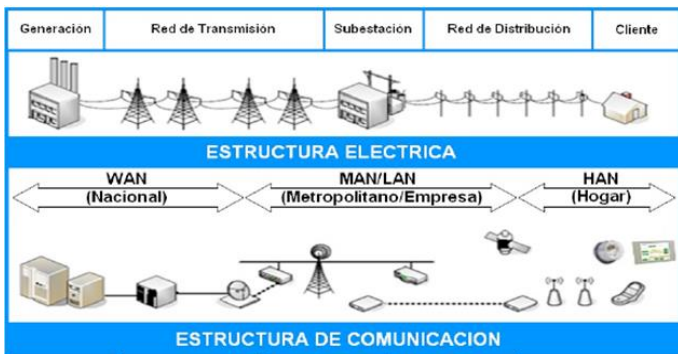


Fig. 6_ Estructura de comunicación bidireccional. Fuente: Gómez Targarona Año: 2012.

Existe entonces una tendencia mundial en la que cada inmueble (hogares y edificios públicos o privados) produzcan su propia energía (eólica, solar, etc) y la consuman en el mismo punto, abasteciendo sus propias necesidades, vertiendo su sobrante a la red general para el consumo de otros usuarios, y a la vez tomando de la red la cantidad necesaria cuando localmente no se ha producido suficiente. Esta es la manera en que se reducirá el consumo de energía global por permitir la bidireccionalidad y minimizar las pérdidas por conducción al tener distancias muy reducidas entre generación y consumo.

De lo expuesto anteriormente, se desprende que el usuario es una pieza clave en la configuración de la REI, ya que pasa de

ser un actor pasivo a un actor activo (productor – consumidor). Constituye el punto final de consumo (campo de desarrollo de la eficiencia y el ahorro) y punto de entrada de la generación distribuida, fundamentalmente, por fuentes de energías alternativas o renovables. La integración del usuario en la red y la posibilidad de gestionar energía es posible mediante la existencia del medidor inteligente, muchas propuestas van encaminadas a que este último, no sólo contabilice la energía consumida, sino que permita la monitorización de los consumos por equipos o áreas y que, de acuerdo con criterios pre-establecidos, permita controlarlos o regularlos, por ejemplo, desconectando toda o una parte de la iluminación, o modificando la potencia del aire acondicionado y sobre todo anular la tensión eléctrica en aquellos toma corriente que alimentan cargas de alta constante de tiempo, como el lavarropas, en los horarios de consumo pico del sistema.

Las claves aquí son la información y el control. Con la información se podrá detectar dónde y cómo optimizar el consumo y con el control se podrá actuar sobre él en forma automatizada para reducirlo. Este tipo de actuaciones tienen perspectivas muy interesantes, anticipando reducciones del orden del 20% en el consumo de energía.

La Fig. 7, muestra medidores inteligentes y toma corriente programable.



Fig.7_ equipos inteligentes programables. Fuente: Electra Caldense. Año:2015.

Desde el enfoque económico, los contadores inteligentes podrían incorporar las tarifas entre sus parámetros programables, especialmente si hay una tarifa discriminada por horario. El usuario que además de consumo disponga de generación y/o almacenamiento, podrá tener la información de valores tarifarios para vender a la red en los momentos de más precio (horas de punta) y comprar de ella cuando el precio sea más bajo (horas de valle). Esto resulta, si se dispone de sistemas de almacenamiento, aceptando que cualquier tipo de almacenamiento no constituye por sí sólo ningún sistema de producción o de reducción del consumo, siendo en general todo lo contrario. Sin embargo puede permitir facilitar el control de la red, amortiguando sus oscilaciones y favoreciendo

la integración de fuentes de energía más impredecibles, como las energías renovables. Siguiendo éste concepto la idea más fácil de intuir y que podría implementarse, es la integración a la red de vehículos eléctricos que se alimenten de la red durante la noche (horas de valle) cuando la demanda energética global es baja y además retornar parte de esa energía en horas de pico, (si con la autonomía diaria de las baterías, no se consumió el total de la energía almacenada en el vehículo). Para todo esto es fundamental un control que integre las necesidades del usuario. No obstante, si estamos hablando de generación por energías renovables, fundamentalmente eólica y solar, sería antieconómico no vender esa energía excedente, aunque el precio sea bajo, porque de lo contrario, se pierde. La Fig.8, muestra la recarga de vehículos eléctricos con control inteligente.

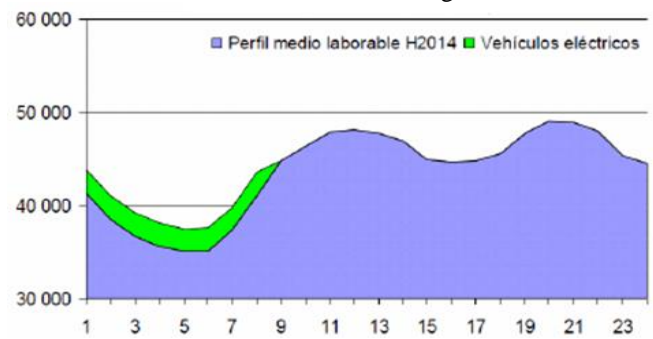


Fig.8_ Aplanamiento de la curva de carga.
Fuente: OLADE. Félix Barrio. Año: 2010.

El concepto de las Redes Eléctricas Inteligentes (REI), tomado en una escala local – regional, viene ineludiblemente asociado a la gestión de microrredes. Partiendo de la idea de que la gestión de una red es más compleja cuanto más grande es, la gestión de microrredes surge de simplificar ese problema dividiendo la red en redes más pequeñas en baja tensión, que incorporan fuentes de generación distribuida, eléctrica y térmica, a pequeña escala junto a sistemas de almacenamiento, gestionadas de forma local mediante un sistema de control inteligente (Central virtual). La gestión de la microrred estará enfocada a optimizar los recursos y necesidades en la región y, a través de la central virtual, gestionar los excesos y déficits de energía con la red global, pero con la capacidad de autoabastecerse y operar de forma aislada. Una microrred es una red inteligente particularizada a un entorno geográfico reducido y diseñado al autoabastecimiento a través de diversas fuentes de generación distribuidas y sistemas de almacenamiento de energía, como lo muestra la Fig. 9.

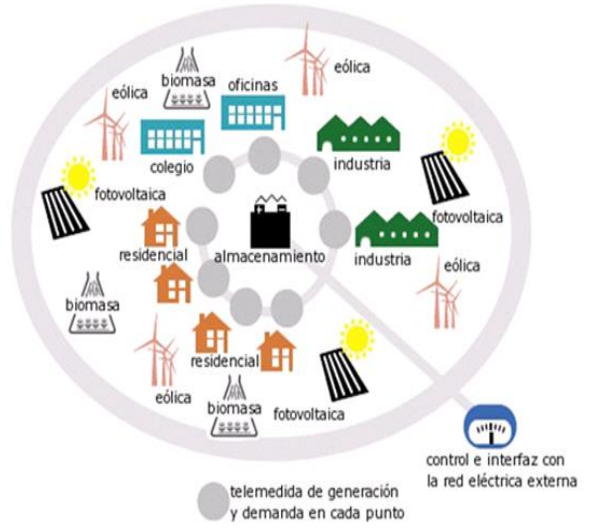


Fig.9_ Esquema de una microrred, con gestión inteligente.
Fuente: CEDETEL. Tecnología PRIME. Año: 2011.

Las nuevas tecnologías de almacenamiento con alta eficiencia, utilizan la acumulación adiabática por compresión de aire. El aire es comprimido de forma isotérmica en momentos de energía excedente, desde la generación de un parque eólico de bajas potencias, luego es acumulado en un Acumulador de Energía Térmica TES (Thermal Energy Storage) y su respectivo reservorio. Al momento de necesitar transformar la energía potencial en energía eléctrica, el aire pasa por el TES y se expande en turbinas de aire especialmente diseñadas, que acopladas al generador eléctrico entrega energía eléctrica en las horas de mayor demanda.

De ésta manera, un parque eólico, con potencia del orden de 10MW, puede entregar energía eléctrica en forma ininterrumpida durante más de 150 horas.

La Fig 10, muestra los componentes del sistema en un gráfico de bloques.

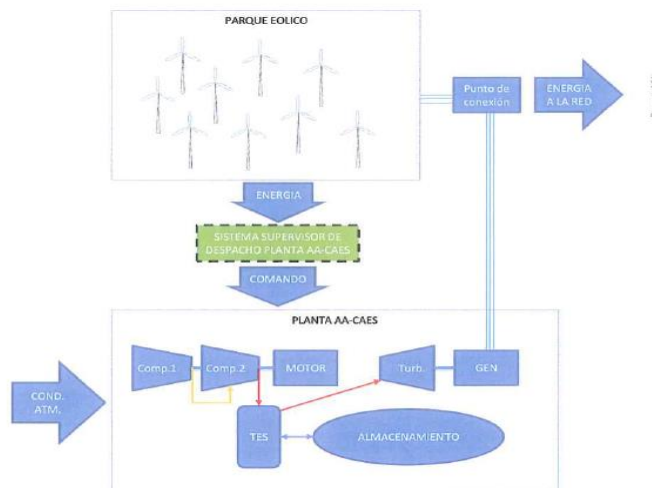


Fig. 10_ Fuente: Elaboración propia.

Resulta importante señalar algunas ventajas de la gestión por microredes:

- Mayor robustez de la red global, al simplificar su gestión y trazar zonas de red como elementos individuales
- Optimización de la red y mayor eficiencia en el transporte de la electricidad, al favorecer la proximidad entre consumo y generación.
- Favorece y fomenta las fuentes de energías autóctonas, siendo la conexión con la red global para el abastecimiento como último recurso.

La REI incrementa la confiabilidad del sistema eléctrico, por lo tanto beneficia a productores y consumidores de la energía eléctrica. Debemos estar conscientes, de que los disturbios más leves en la calidad y confiabilidad de la energía eléctrica causan pérdidas de información, de procesos y de productividad.

El siguiente cuadro muestra las distintas características entre la red eléctrica actual y la red inteligente futura.

Características	Red Eléctrica Actual	Red Inteligente
Automatización	Existencia limitada de Monitoreo. Reservándose a la red de transporte.	Integración masiva de sensores, actuadores y automatización en todos los niveles de red.
Inteligencia y Control	Red de distribución sin inteligencia. El control es sólo manual.	Enfasis en un sistema de información e inteligencia distribuidos.
Autoajuste	Actuación de dispositivos ante fallos.	Automáticamente detecta y responde ante fallos. Minimiza el impacto en el consumidor.
Participación del consumidor	Desinformación de usuario y sin participación en la red. Flujo energético unidireccional.	Incorporación masiva de generación distribuida. Usuario activo.
Gestión de la demanda	Sin gestión de dispositivos eléctricos, en función de la franja horaria o condiciones de red.	Incorporación de equipos eléctricos inteligentes. Eficiencia energética y señales de precios, etc.
Optimización del mantenimiento	Mínima información de operación y gestión de la red. Mantenimiento basado en el tiempo.	Sensado y medida de las condiciones de red. Mantenimiento basado en las condiciones de red.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Las Redes Eléctricas Inteligentes son el camino hacia un modelo energético avanzado, seguro y sostenible, aumentando la eficiencia del sistema, desde la generación hasta el consumidor final y, aunque requieren de una importante inversión económica, son un paso decisivo para cumplir los objetivos medioambientales al permitir una penetración masiva de fuentes energéticas de origen renovables.

- La implementación de una red eléctrica de este estilo, considera al consumidor final como actor fundamental activo, ofreciéndole la posibilidad de participar en el mercado, gestionando su propia demanda y generación de energía.

- Mejora el control y la comunicación-información de los diferentes agentes y equipos involucrados, favoreciendo la integración de tecnologías, impulsando la eficiencia y el ahorro energético, dando como resultado la optimización de la red.

- El despliegue masivo de las Redes Eléctricas Inteligentes, dependerá:

- Apoyo gubernamental.
- Desarrollo legislativo.
- Despliegue de redes y medidores inteligentes.
- Incentivos tarifarios para los usuarios.
- Concientizar y capacitar a la sociedad
- Etc.

- El cambio somos nosotros, desde cada lugar haciendo conciencia sobre la necesidad de un cambio de paradigma, en universidades, congresos, escuelas, organizaciones, etc. Es un paso inevitable y tenemos que darlo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Carlos Targarona. Director del Instituto de Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia. Universidad Nacional de Río IV. Córdoba. Argentina; quien me formo en la "Sustentabilidad Energética".

REFERENCIA

- Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5). Copenhagen – Noviembre 2014.

https://www.ipcc.ch/pdf/ar5/prpc_syr/11022014_syr_copenhagen_es.pdf

- Perspectivas de las Redes Eléctricas Inteligentes en Europa. CIEMAT. Asunción, Mayo 2010.

<http://www.olade.org/electricidad/Documents>

- Cuarto Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano. Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN 2011.

<http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2011/hyfusen/2011/trabajos/16-134.pdf>

- Redes Eléctricas Inteligentes (REI) o Smart Grid...el futuro de los Sistemas Eléctricos. Nelson Hernández. Año 2009. Disponible en: gerencia y energía. Blogspot.com.ar/2009/07/redes-electricas-inteligentes-rei.

- Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grid). Conferencia. Dr Gómez Targarona. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. Junio 2012.

- Funseam. Smart Grids: Sectores y actividades clave. Universitat Politècnica de Catalunya.

<http://www.funseam.com/phocadownload/Smart%20Grids.%20Sectores%20y%20actividades%20clave.pdf>.

ANEXO A

[ESCRIBIR EL NOMBRE DEL ANEXO]

[Escribir aquí el contenido del anexo]