

---

# **REDES INTELIGENTES EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA: ESTUDIO DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR FINAL**

---



## **MAESTRÍA INTERDISCIPLINARIA EN ENERGÍA**

### **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

**Tesista: Lic. JAIME R. LANUSSE**

**Director de Tesis: Abog. GUSTAVO GIL**

**Buenos Aires - 2018**

## Tabla de Contenidos

1. Definición del Tema de Investigación
2. Objetivo
3. Metodología
4. Definición del Marco Teórico y Conceptual
  - 4.1. ¿Qué son las Redes Inteligentes?
  - 4.2. Desarrollo Actual de las Redes Inteligentes
    - 4.2.1. Dinamarca
    - 4.2.2. China
    - 4.2.3. Brasil
    - 4.2.4. Argentina
  - 4.3. Marco Regulatorio
    - 4.3.1. Dinamarca
      - 4.3.1.1. Nord Pool Market
    - 4.3.2. China
      - 4.3.2.1. Inversión Extranjera
    - 4.3.3. Brasil
    - 4.3.4. Argentina
  - 4.4. El consumidor
    - 4.4.1. Dinamarca
    - 4.4.2. China
    - 4.4.3. Brasil
    - 4.4.4. Argentina
5. Propuesta para la Argentina
6. Principales Desafíos y Recomendaciones
  - 6.1. Educación del Consumidor
  - 6.2. Inversión
  - 6.3. Generación Distribuida
  - 6.4. El Prosumidor
7. Conclusiones y Reflexión Final
  - 7.1. Conclusiones Generales del Estudio
  - 7.2. El rol del Estado
  - 7.3. Idiosincrasia del Consumidor
  - 7.4. Reflexión Final
8. Anexos
  - 8.1. Anexo A: Disminución de la Demanda Energética
  - 8.2. Anexo B: Bandas Horarias Múltiples - Señales Tarifarias
  - 8.3. Anexo C: Respuesta de los Players del Mercado Energético: las Distribuidoras
  - 8.4. Anexo D: Seguridad Informática y Propiedad Privada (privacidad)
9. Índice de Figuras
10. Índice de Tablas
11. Fuentes y Bibliografía
  - 11.1. Fuentes Informativas
  - 11.2. Bibliografía

## **1. Definición del Tema de Investigación**

Estudio comparativo de la situación actual de las redes eléctricas inteligentes en 3 países y la Argentina. El foco estará puesto en el rol del consumidor final en cuanto a que incentivos tiene para utilizar/incorporar las tecnologías energéticas del tipo inteligentes. Los principales aspectos a estudiar girarán en torno a la regulación de cada país y a la ecuación costo-beneficio económico, medioambiental y de calidad de vida, que impacte al consumidor final al decidir implementar estas tecnologías.

Además se analizará cómo se relacionan los conceptos de “prosumidor” y “generación distribuida” con el de redes eléctricas inteligentes, y como su desarrollo está fuertemente interrelacionado.

## **2. Objetivo**

El objetivo principal de esta tesis es estudiar el estado actual de las redes eléctricas inteligentes en el mundo y compararlo con el de la Argentina. Luego se desarrollará una conclusión que buscará explicar los beneficios que tales implementaciones tendrían para el consumidor.

## **3. Metodología**

Con el fin de cumplir con el objetivo descrito arriba, desarrollaré las siguientes tareas:

- Analizaré la situación de cada uno de los países seleccionados con foco en:
  - El nivel de desarrollo de sus redes inteligentes;
  - El ordenamiento y grado de desarrollo de su marco regulatorio;
  - La situación del consumidor como actor fundamental en el sistema.
- Profundizaré en el caso argentino haciendo hincapié en puntos que considero fundamentales, para entender la situación actual y para proyectar a futuro, tales como:
  - La educación del consumidor;
  - La inversión que se realizó y se está realizando en el sector;
  - La generación distribuida, su desarrollo y sus beneficios;
  - El prosumidor, como figura que de a poco se irá instaurando en el sector si es que el país sigue el ejemplo de cómo va mutando el mercado en los países más desarrollados.

## **4. Definición del Marco Teórico y Conceptual**

### **4.1. ¿Qué son las Redes Inteligentes?**

Al referirse a las redes eléctricas inteligentes, el Banco Mundial indica en su “Practical Guidance for Defining a Smart Grid Modernization Strategy” que “There is no one definition of the smart grid concept. Instead, smart grids are defined differently around the world to reflect local requirements and goals. What is clear, however, is that the grids of today will not support the energy goals of the future. The integration of large shares of renewable energy, improvements in the reliability of services, and the achievement of higher levels of energy efficiency across the value chain will require power grids that are largely different from those of today.” Esta definición evidencia la estrecha relación entre redes inteligentes, energías renovables y eficiencia energética junto a la creciente demanda de energía a nivel global. Estos conceptos, y otros que iré mencionando, serán centrales a lo largo de este estudio ya que son la justificación de la existencia de las redes inteligentes.

Es decir que, para referirnos al caso argentino, nuestra red energética inteligente “ideal” será definida en función de la meta que nos planteemos. Esa meta definirá que nivel de tecnología que necesitamos para alcanzar tal objetivo.

Profundizando un poco más, las redes eléctricas inteligentes y modernas son tales a efectos de, entre otras cosas: incorporar las energías renovables al sistema, permitir a los usuarios producir su propia energía y venderla, detectar fallas en el sistema, variar la tarifa de acuerdo a la demanda y la capacidad productiva, tener información actualizada e inmediata del estado del sistema en general. La Argentina debe definir su meta en función a como quiere tratar cada uno de los puntos mencionados. Según indica la Comisión Europea de Ciencia y Conocimiento en su “Smart Grid Projects Outlook 2017”, “the deployment of smart grid solutions can help to make distribution grids more flexible and to cope with variable renewable energy sources and new loads. They can enable active consumers and energy communities, supporting their participation in the energy markets. Smart grid deployment will enable new services and create business opportunities for new and established actors”.

En la Argentina, y en muchos otros países, tanto los aspectos “hard” como “soft” de la red deben ser modernizados para llegar a la meta. Los aspectos “soft” son los que están principalmente ligados al marco legal que regula la operación de la red y la educación de los actores involucrados en la cadena de valor. Los aspectos “hard” se refieren a la infraestructura misma de la red y la incorporación de tecnologías de control y comunicación. En este trabajo veremos que solo Dinamarca presenta un desarrollo importante, real y significativo, en ambos aspectos. Los otros países en estudio, China, Brasil y Argentina, se encuentran en diferentes estadios de desarrollo pero claramente aún les falta mucho camino por recorrer. Lo interesante es que los caminos para el desarrollo de estos tres últimos están bien delimitados ya que la experiencia danesa, y la de algunos otros países de avanzada, les han facilitado y enseñado el rumbo, o parte del mismo.

Cerrando esta definición, y siguiendo con la visión del Banco Mundial, “The current state of the grid, the desired vision, and available technologies—properly prioritized by their costs, benefits, and risks—should then be used to define the incremental steps needed to move forward.”

## 4.2. Desarrollo Actual de las Redes Inteligentes

De acuerdo al estudio de la Comisión Europea de Ciencia y Conocimiento, el nivel de desarrollo de las redes inteligentes en los diferentes países varía dependiendo de varios factores. Los principales a considerar son:

- Las características generales de cada país: tamaño; población y consumo energético; estado actual de la red; y cantidad y cultura de las distribuidoras locales;
- El marco legal vigente: que favorezca el desarrollo de estas tecnologías y que apoye el financiamiento para estos proyectos;
- El contexto nacional: los mecanismos de financiamiento, los planes y prioridades para el desarrollo de redes inteligentes a nivel nacional;
- Estado del mercado: cantidad de actores que participan en el mercado; existencia de una cadena de valor nacional en torno a las redes inteligentes, y el clima generalizado en mira a las innovaciones.

En el 2017 el Banco Mundial desarrolló una investigación llamada RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy)<sup>1</sup> asignándole escalas de desarrollo a 111 países (que representan el 96% de la población mundial) utilizando 27 indicadores y otorgándoles porcentajes de desarrollo que van del 0% a 100%. Todos estos indicadores están estrechamente vinculados con el tema de investigación. En primera instancia, el lector podrá ver en los siguientes cuadros el estudio comparativo que le dará un pantallazo general del estado de desarrollo de cada uno de los países seleccionados, y luego se estudiará en detalle el caso de cada uno. Los indicadores se agrupan en tres grandes grupos: Eficiencia Energética, Acceso a la Energía, y Energías Renovables. Sin embargo en este estudio no se incluye el de Acceso a la Energía ya que ninguno de los 4 países que investigo fue analizado en este grupo (ya que el estudio se focalizó en los países con problemas significativos en este aspecto). Para interpretar los resultados, hay que tener en cuenta que en los casos en que se muestra 0% como resultado es porque el Banco Mundial no relevó información para ese punto.

<b>Energy Efficiency</b>	
<b>Indicator 1: National energy efficiency planning</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	33.33
Brazil	75
China	91.67
Denmark	75
<b>Indicator 2: Energy efficiency entities</b>	

<sup>1</sup> <http://rise.esmap.org>

Country	Score
Argentina	71.43
Brazil	100
China	85.71
Denmark	100
<b>Indicator 3: Information provided to consumers about electricity usage</b>	
Country	Score
Argentina	29.17
Brazil	62.5
China	41.67
Denmark	93.75
<b>Indicator 4: EE incentives from electricity rate structures</b>	
Country	Score
Argentina	53.7
Brazil	66.67
China	77.78
Denmark	77.78
<b>Indicator 5: Incentives &amp; mandates: large consumers</b>	
Country	Score
Argentina	55.56
Brazil	0
China	88.89
Denmark	77.78
<b>Indicator 6: Incentives &amp; mandates: public sector</b>	
Country	Score
Argentina	62.5
Brazil	25
China	50
Denmark	100
<b>Indicator 7: Incentives &amp; mandates: utilities</b>	
Country	Score

Argentina	41.67
Brazil	29.17
China	50
Denmark	83.33
<b>Indicator 8: Financing mechanisms for energy efficiency</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	33.33
Brazil	50
China	100
Denmark	83.33
<b>Indicator 9: Minimum energy efficiency performance standards</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	33.33
Brazil	88.89
China	58.33
Denmark	100
<b>Indicator 10: Energy labeling systems</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	66.67
Brazil	83.33
China	83.33
Denmark	66.67
<b>Indicator 11: Building energy codes</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	46.67
Brazil	26.67
China	40
Denmark	83.33
<b>Indicator 12: Carbon Pricing</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	0

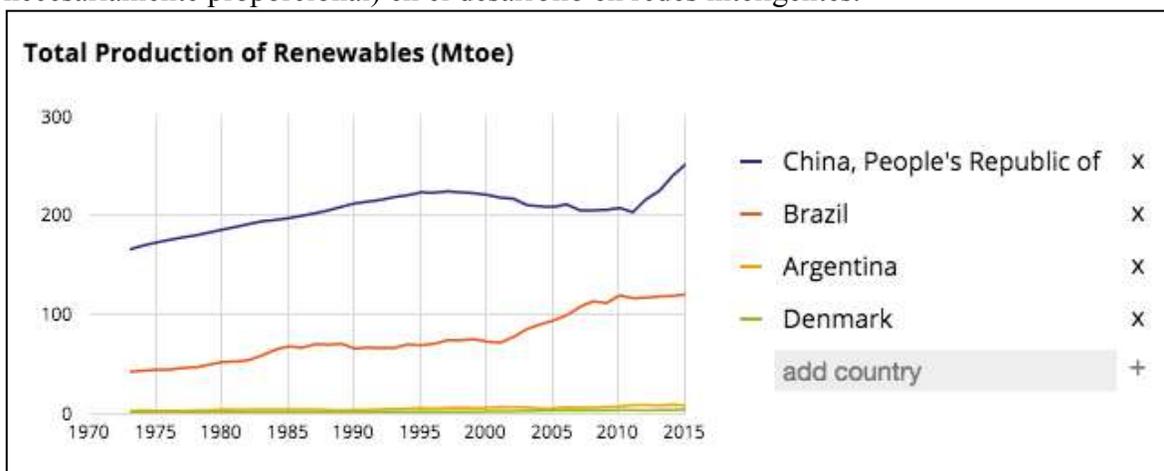
Brazil	0
China	54.17
Denmark	94.68
<b>Overall Score</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	43.95
Brazil	50.6
China	68.46
Denmark	86.3

<b>Renewable Energy</b>	
<b>Indicator 1: Legal framework for renewable energy</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	100
Brazil	100
China	100
Denmark	100
<b>Indicator 2: Planning for renewable energy expansion</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	37
Brazil	86
China	36
Denmark	100
<b>Indicator 3: Incentives and regulatory support for renewable energy</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	75
Brazil	50
China	63
Denmark	100

<b>Indicator 4: Attributes of financial and regulatory incentives</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	56
Brazil	89
China	78
Denmark	78
<b>Indicator 5: Network connection and pricing</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	33
Brazil	89
China	89
Denmark	89
<b>Indicator 6: Counterparty risk</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	69
Brazil	54
China	100
Denmark	100
<b>Indicator 7: Carbon pricing and monitoring</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	0
Brazil	0
China	54
Denmark	95
<b>Overall Score</b>	
<b>Country</b>	<b>Score</b>
Argentina	52.86
Brazil	66.86
China	74.29
Denmark	94.57

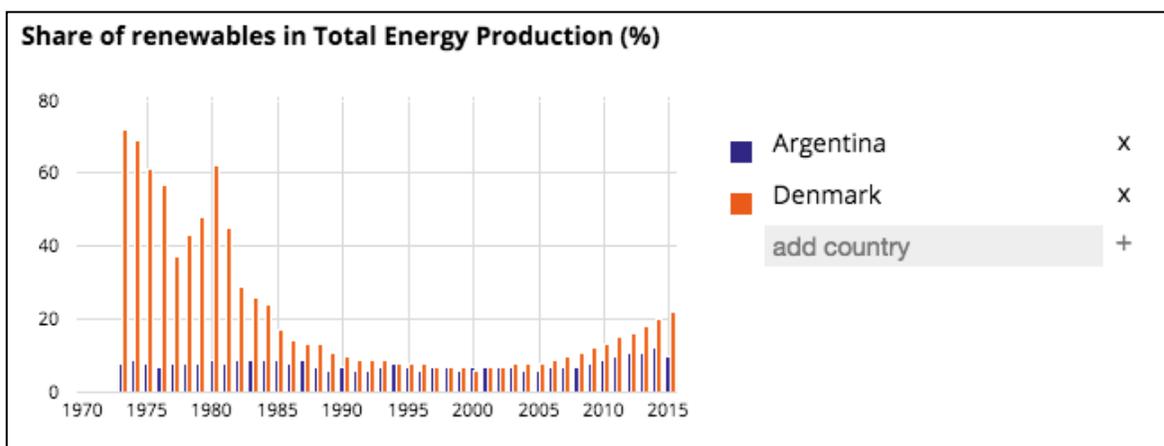
**Tabla 1: RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) 2017 comparando Eficiencia Energética, Acceso a la Energía, y Energías Renovables. Fuente: Banco Mundial.**

El desarrollo de las redes inteligentes está directamente relacionado con el de las energías renovables. Es por eso que el siguiente gráfico desarrollado por la Agencia Internacional de Energía, en donde se ve como en los 4 países en estudio la producción de energía a través de métodos renovables fue aumentando, debería implicar una tendencia similar (pero no necesariamente proporcional) en el desarrollo en redes inteligentes.



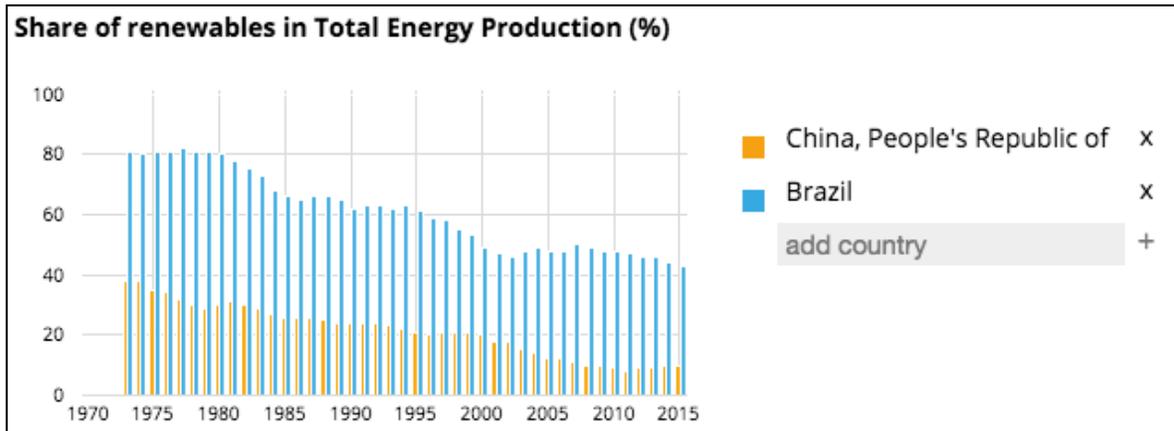
**Figura 1: Producción de energía a través de métodos renovables. Fuente: Agencia Internacional de Energía.**

Sin embargo, mientras en Dinamarca y Argentina (en menor medida) se ve que el aumento en la producción de energía (dada la demanda en aumento) es acompañado por un aumento en la participación de las energías renovables en esa producción, no sucede lo mismo con los otros dos casos de estudio.



**Figura 2: Porcentaje de energía producida con energías renovables sobre el total producido (Argentina y Dinamarca). Fuente: Agencia Internacional de Energía.**

**Figura 3: Porcentaje de energía producida con energías renovables sobre el total producido (China y Brasil). Fuente: Agencia Internacional de Energía.**



#### 4.2.1. Dinamarca

Dinamarca, junto con Alemania y el Reino Unido, son los 3 países europeos con mayor desarrollo en redes eléctricas inteligentes.

Dinamarca adoptó una agresiva estrategia respecto a las redes inteligentes en el 2011 y la sigue manteniendo al día de hoy. Sin embargo, ya desde el año 2004 vienen haciendo fuertes y significativas inversiones en el sector, tanto por el Estado, como por empresas privadas locales o multinacionales.

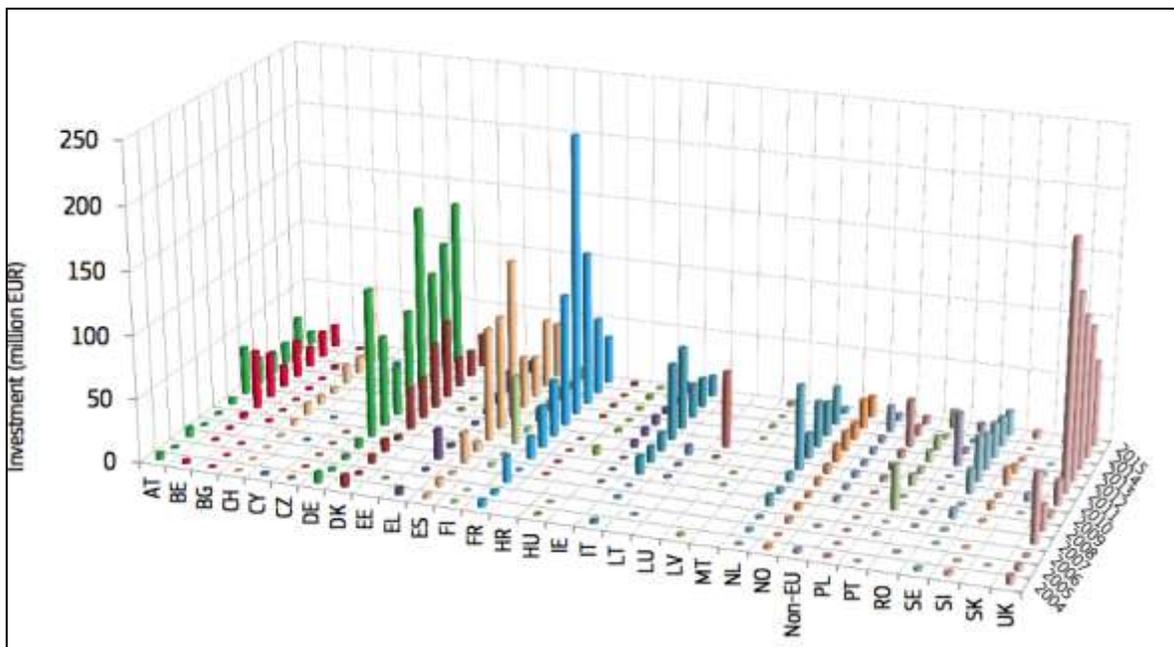


Figura 4: Inversión en redes inteligentes por país según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Al momento de analizar estos números y para aprender del caso danés (y europeo) es fundamental entender de donde viene la inversión. Según indica la Comisión Europea “Smart grid Research & Development and demonstration projects require large investment and face great uncertainties. Developing and testing new processes, technologies and business models imply high risks involving, for instance, the performance, reliability and life span of the adopted technology, future government and regulatory support, project replicability and consumer response (Shomali & Pinkse, 2016; Eurelectric, 2014). These uncertainties can negatively affect investment decisions and ultimately result in a barrier to smart grid adoption”. La alta barrera impuesta por el desafío tecnológico (junto a la poca experiencia y falta de recursos) que estos desarrollos implican, justifican porque es que gran parte de la inversión viene del estado, y luego, una vez que el clima de confianza se instaure, es acompañada por la inversión privada. Aunque la inversión privada es porcentualmente mayoritaria, es destacable el apoyo financiero estatal que el desarrollo de esta industria requiere. La inversión privada está directamente relacionada con el apoyo que el estado le otorgue al desarrollo de las redes inteligentes.

El siguiente mapa y la siguiente tabla muestran como la inversión privada en Dinamarca es alta, al igual que la de otros países, pero porcentualmente no es mucho más alta que la estatal. Haciendo esta observación es que la Comisión Europea confirma “the importance of external funding to leverage private finance and incentivise investment”. Si analizamos cada caso, veremos cómo los países europeos tienen fuertes programas para impulsar el desarrollo de redes inteligentes a través de incentivos regulatorios, programas de financiamiento, o el apoyo a ángeles inversores e incubadoras. El hecho de que Dinamarca sea pionera en el desarrollo de estas tecnologías, no es el resultado de un desarrollo impulsado por las fuerzas del mercado, sino que implica una clara visión del estado danés en miras al futuro. Claramente la inversión danesa es mucho más alta (per cápita) y riesgosa que la de todos los países que vienen detrás (tal como la China, Brasil y Argentina). A pesar de eso, el estado danés está convencido que ser el primero les es beneficioso en miras el futuro y es la solución para estar preparado para los desafíos energéticos del mañana.

Hay que tener en cuenta que la inversión danesa en dinero no es la más alta de Europa, pero sí lo es si consideramos el consumo eléctrico del país y el tamaño reducido de su población en comparación con los otros (con la excepción de Luxemburgo, que no lo tomé como ejemplo ya que su población es de tan solo medio millón de personas).

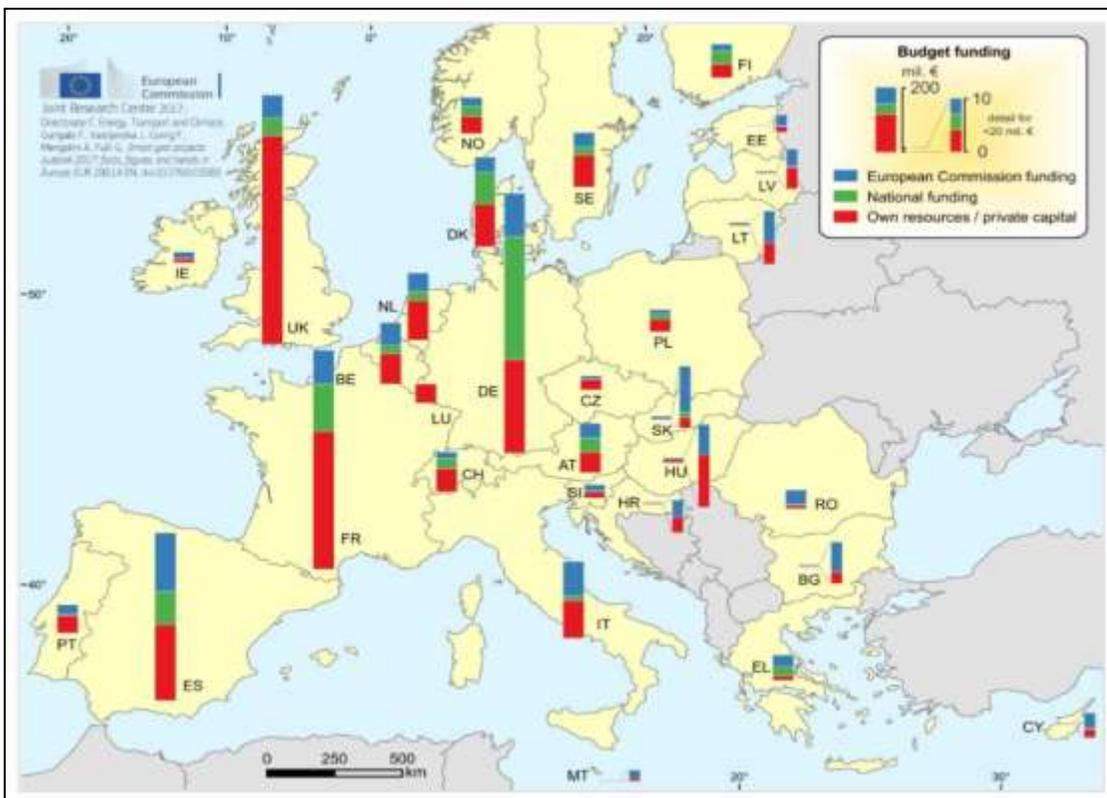


Figura 5: Inversión en redes inteligentes por país y por fuente de financiamiento según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

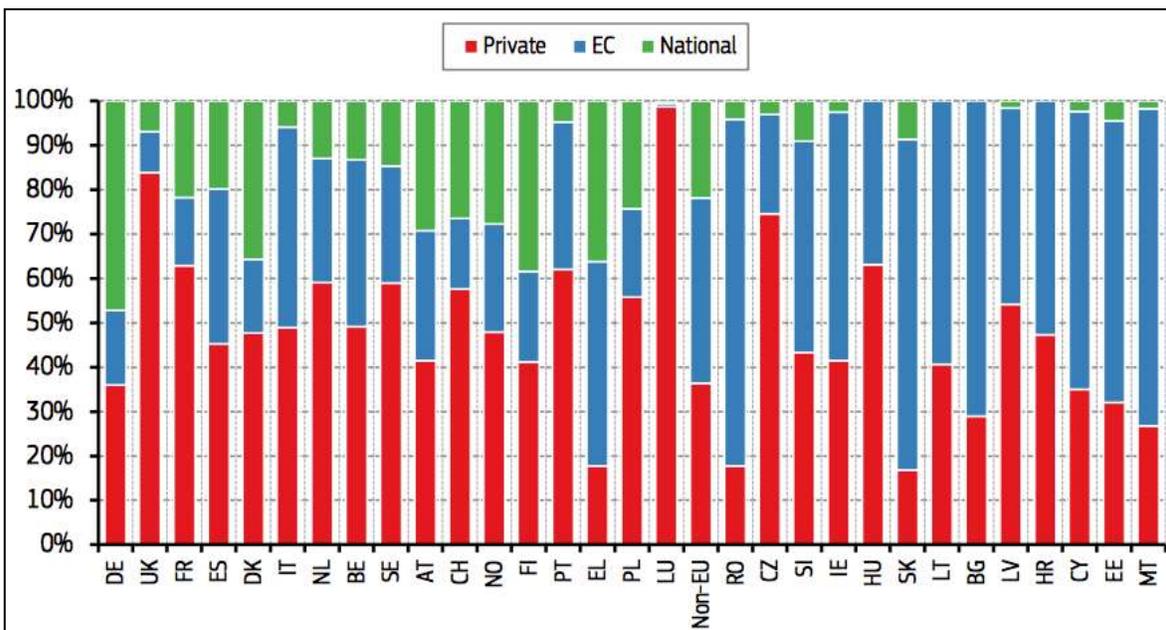


Figura 6: Inversión en redes inteligentes por país y por fuente de financiamiento comparada según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

En Dinamarca, un 36% de la inversión en redes inteligentes proviene del estado, tal como indica el gráfico anterior. Comparando con las demás industrias, la influencia estatal es significativa.

El siguiente gráfico desarrollado en el 2010 por el European Investment Bank muestra la inversión pública y privada en la Unión Europea en los principales sectores de la economía. Esto demuestra que el 38% que Dinamarca invierte en redes inteligentes es superior al promedio que los estados europeos invierten en salud y solo es inferior a lo que invierten en educación. Hay que tener en cuenta que al principio la inversión en redes inteligentes implica un alto costo hundido para el estado, y luego más empresas privadas deberían sentirse atraídas por el sector e invertir disminuyendo así la inversión estatal. Por el otro lado, la inversión en educación y salud tiende a ser más estable ya que la inversión es constante. Pero a pesar de ello, un 38% es sin dudas muy significativo.

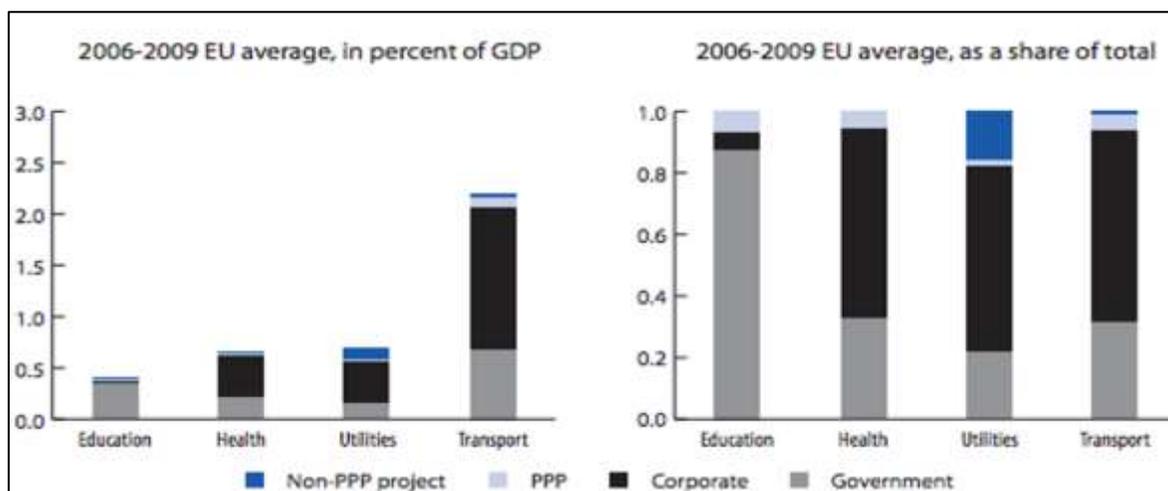


Figura 7: Inversión pública y privada de la Unión Europea en los principales sectores de la economía. Fuente: European Investment Bank.

	Education	Health	Transport	Utilities
Government	87.1	32.4	31.2	21.5
Private	12.9	67.6	68.8	78.5
Corporate	5.7	61.6	62.6	60.3
PPP	6.7	5.8	5.1	1.8
Non-PPP	0.5	0.2	1.1	16.4

Figura 8: Inversión pública y privada de la Unión Europea en los principales sectores de la economía comparada. Fuente: European Investment Bank.

Finalmente, es interesante ver la inversión per cápita en redes inteligentes, en donde Dinamarca lleva claramente la delantera<sup>2</sup>:

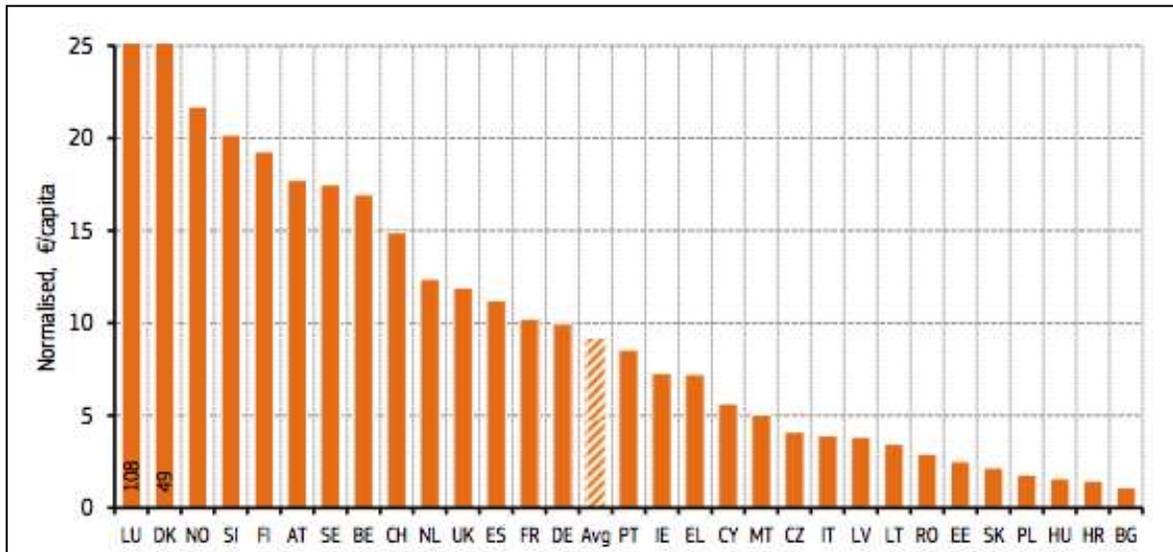


Figura 9: Inversión por redes inteligentes por país según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Según un artículo publicado en el 2016 por el periódico “Es Global” de España: “Hoy en día tenemos en Dinamarca un importante tejido empresarial verde que factura más de 22.000 millones de euros al año y da trabajo a 59.000 personas. Actualmente, los productos y la tecnología verdes constituyen un 12% de toda la industria danesa y más de un 11% de las exportaciones. Varias compañías danesas son líderes mundiales en sectores tecnológicamente avanzados como la energía eólica y soluciones para la eficiencia energética.”<sup>3</sup>. Esto demuestra que el ser pionero le abrió a Dinamarca grandes negocios por haber desarrollado empresas especializadas en el tema que luego son contactadas por todos los países que quieren seguir el mismo camino hacia el desarrollo energético inteligente.

La Unión Europea también apoya fuertemente los proyectos de redes inteligentes. A modo de ejemplo, podemos ver los millones de euros de financiamiento en el programa Horizon 2020 para las actividades del 2016 y 2017:

<sup>2</sup> Sin considerar a Luxemburgo por lo previamente explicado

<sup>3</sup> <https://www.esglobal.org/dinamarca-apuesta-por-la-eficiencia-energetica-y-gana/>

Scope of the call	Million EUR per project	Total funding for 2016 (million EUR)	Total funding for 2017 (million EUR)
Next generation technologies and services enabling smart grids, storage and energy system integration with increasing share of renewables: distribution network (LCE-01-2016-2017)	2.0-4.0	20.0	19.0
Support to R & I strategy for smart grid and storage (LCE-03-2016)	4.0	4.0	0.0
To develop tools and technologies for coordination and integration of the European energy system (LCE-05-2017)	2.0-4.0	0.0	30.0
Establish testing protocols for electrolysers performing electricity grid services (FCH-02-1-2016)	2.0	2.0	0.0
<b>Total</b>		<b>26.0</b>	<b>49.0</b>

*Source: Own elaboration. Last update: February 2017*

Figura 10: Financiamiento de H2020 para actividades de investigación y desarrollo (“research and development”) durante el 2016-2017 según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Scope of the call	Million EUR per project	Total funding for 2016 (million EUR)	Total funding for 2017 (million EUR)
To demonstrate smart grid, storage and system integration technologies with increasing shares of renewables: distribution system (LCE-02-2016)	12.0-15.0	73.7	0.0
Demonstration of smart transmission grids, storage and system integration technologies with increasing share of renewables (LCE-04-2017)	15.0-20.0	0.0	65.3
Demonstration of large-scale rapid response electrolysis to provide grid-balancing services and to supply hydrogen markets (FCH-02-7-2016)	2 projects (EUR 12.0 million and EUR 4.0 million)	16.0	0.0
Large scale demonstration of commercial fuel cells in the power range of 100-400 kW in different market applications (FCH-02-9-2016)	7.5	7.5	0.0
Demonstration of fuel-cell-based energy storage solutions for isolated micro-grid or off-grid remote areas (FCH-02-10-2016)	5.0	5.0	0.0
Integration of demand response in energy management systems while ensuring interoperability through public-private partnership (EE-12-2017)	3.0-4.0	0.0	8.0
Smart cities and communities lighthouse projects (SCC-1-2016-2017)	12.0-18.0	60.0	69.2
<b>Total</b>		<b>162.2</b>	<b>142.5</b>

*Source: Own elaboration. Last update: February 2017*

Figura 11: Financiamiento de H2020 para actividades de ensayo (“demonstration activities”) durante el 2016-2017 según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

#### 4.2.2. China

Siendo el país de mayor consumo de energía eléctrica a nivel mundial, China está sufriendo graves problemas medioambientales ya que su matriz es fuertemente dependiente de energías no renovables (principalmente del carbón). La apuesta de China en las redes inteligentes es una forma de promover el acelerado ingreso de las energías renovables, aumentar el grado de eficiencia y ahorrar energía.

Las notas del Consejo del Estado Chino<sup>4</sup> previas a lanzar el 12° Plan Quinquenal (2011 al 2015) comentaron respecto a los resultados del 11° Plan Quinquenal (2006 al 2010) y argumentaron que “energy efficiency is generally low. China's GDP accounts for about 8.6% of the world's total, but its energy consumption accounts for 19.3% of the world's total. Its energy consumption per unit of GDP is still more than twice the world average. In 2010, the energy consumption per unit of product in the steel, building materials, chemical and other industries in the country is 10% -20% higher than the international advanced level.” Además indica que “the policy mechanism is imperfect. The prices conducive to energy conservation and emission reduction, fiscal and taxation, financial and other economic policies are still not perfect, market-based incentive and restraint mechanisms are not perfect, and innovation-driven enterprises lack the vitality of energy-saving emission reduction.”

Claramente el comentario del Consejo de Estado Chino y las medidas tomadas en el 12° Plan Quinquenal (que serán detalladas más adelante) para revertir los resultados del 11° Plan Quinquenal fueron efectivas ya que según Bloomberg New Energy Finance, “China became the world’s largest market for smart grids by investing \$4.3 billion in smart grids in 2013, which accounts for more than one quarter of the \$14.9 billion spent globally”<sup>5</sup>.

El plan de China es que para el 2030, el 20% de su matriz energética provenga de energías renovables. Para que esto sea posible, China debe mejorar su red eléctrica, tanto para integrar al sistema la incorporación a grandes escalas de energías renovables (y su intermitente suministro), como para permitir el acceso de sistemas de energía distribuida, vehículos eléctricos y un sistema de oferta según demanda. Es por esto que China está en el foco de grandes inversionistas extranjeros.

Por lo dicho anteriormente, está claro que lo más interesante a tener en cuenta para estudiar del caso chino es la proyección. Mientras en el caso danés podemos estudiar en detalle su presente, ya que es la evidencia del duro trabajo que vienen desarrollando en las últimas décadas, en el chino el foco estará puesto en cuáles son sus planes para llegar a las metas establecidas.

El gráfico siguiente muestra la proyección, en un escenario en donde las energías renovables penetrarán agresivamente en el mercado, de cómo va a disminuir la dependencia del carbón de la principales industrias chinas según “China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study” (en lo siguiente, y hasta indicarlo, una gran parte

<sup>4</sup> [http://www.gov.cn/zwqk/2012-08/21/content\\_2207867.htm](http://www.gov.cn/zwqk/2012-08/21/content_2207867.htm)

<sup>5</sup> <http://about.bnef.com/press-releases/china-out-spends-the-us-for-first-time-in-15bn-smart-grid-market/>.

de lo planteado será en base a este estudio proyectado elaborado en el 2015 por el Instituto de Investigación Energética de China<sup>6</sup>). Todo ese consumo energético derivado del carbón será reemplazado por otras fuentes, principalmente por fuentes renovables.

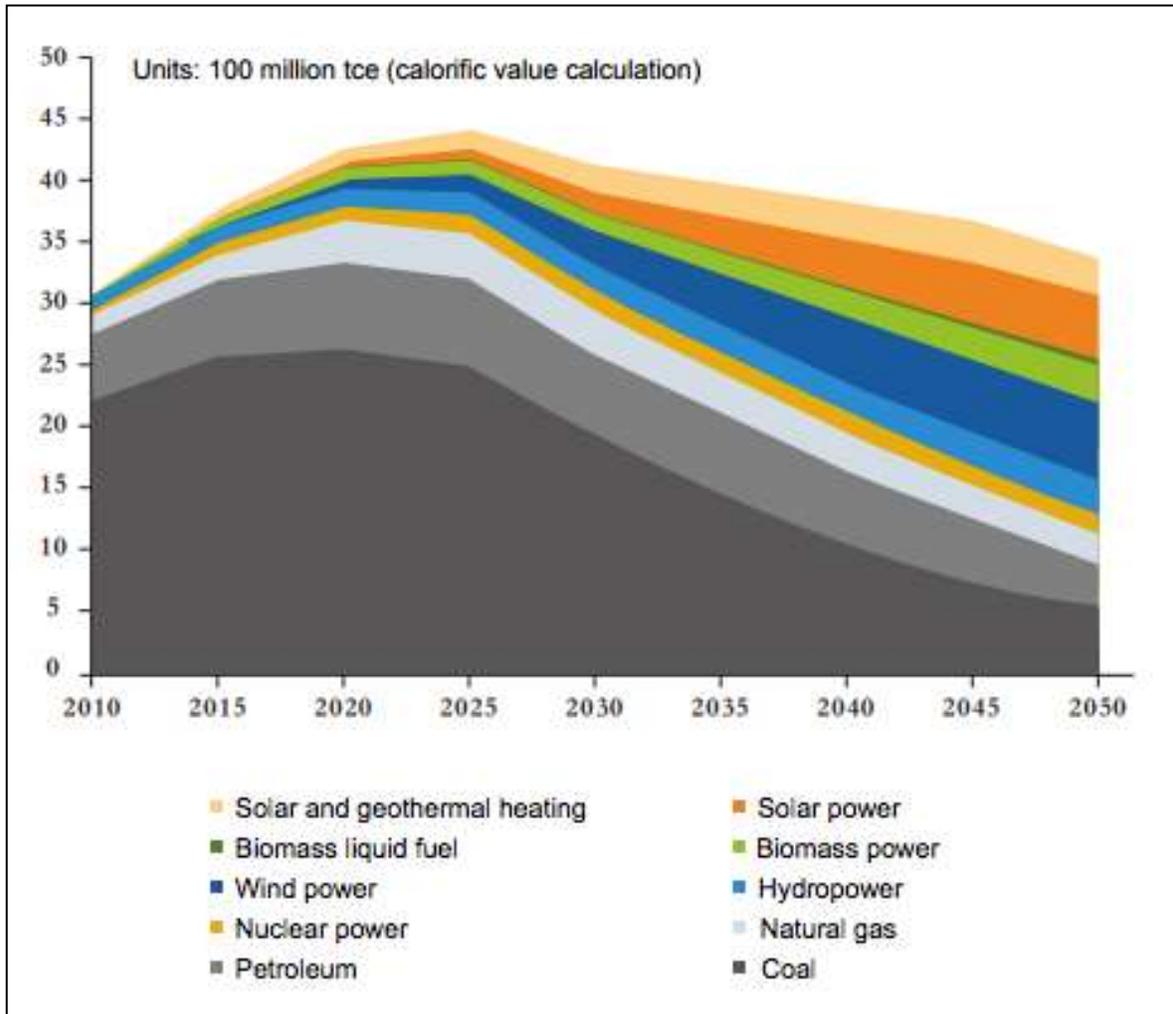


Figura 12: Proyección de la matriz energética según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Esta transformación toma más importancia si consideramos el crecimiento esperado para la economía China:

<sup>6</sup> <http://www.efchina.org/Attachments/Report/report-20150420/China-2050-High-Renewable-Energy-Penetration-Scenario-and-Roadmap-Study-Executive-Summary.pdf>

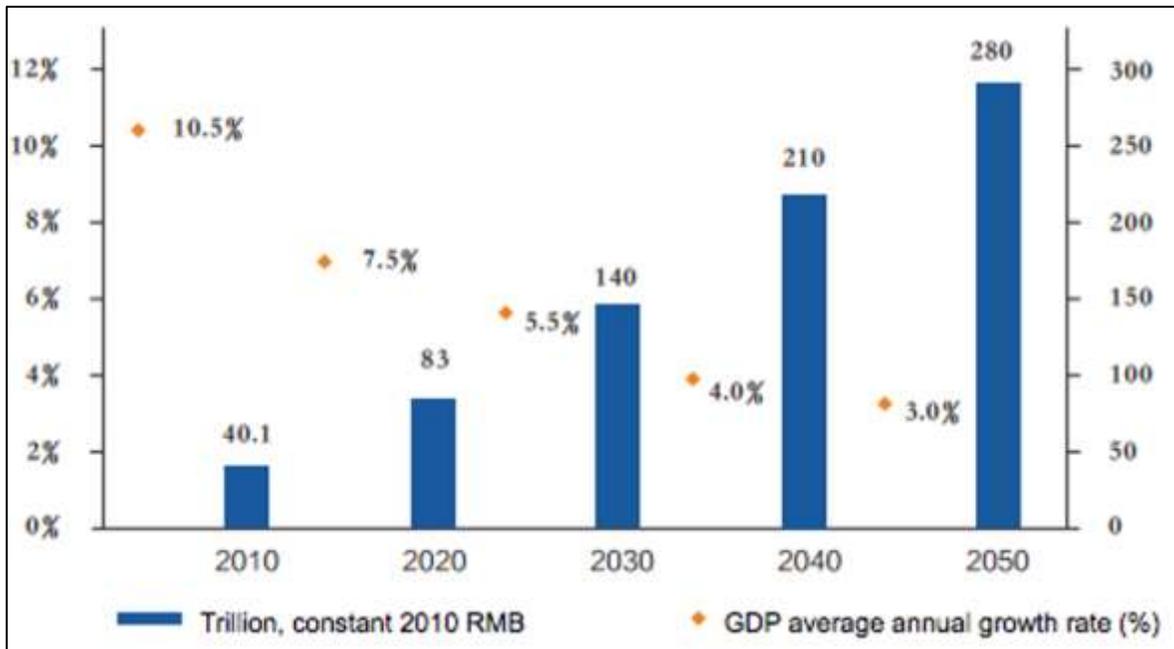


Figura 13: Proyección del PBI según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Esta sería la matriz de capacidad instalada de energía en un escenario con fuerte impacto de energías renovables:

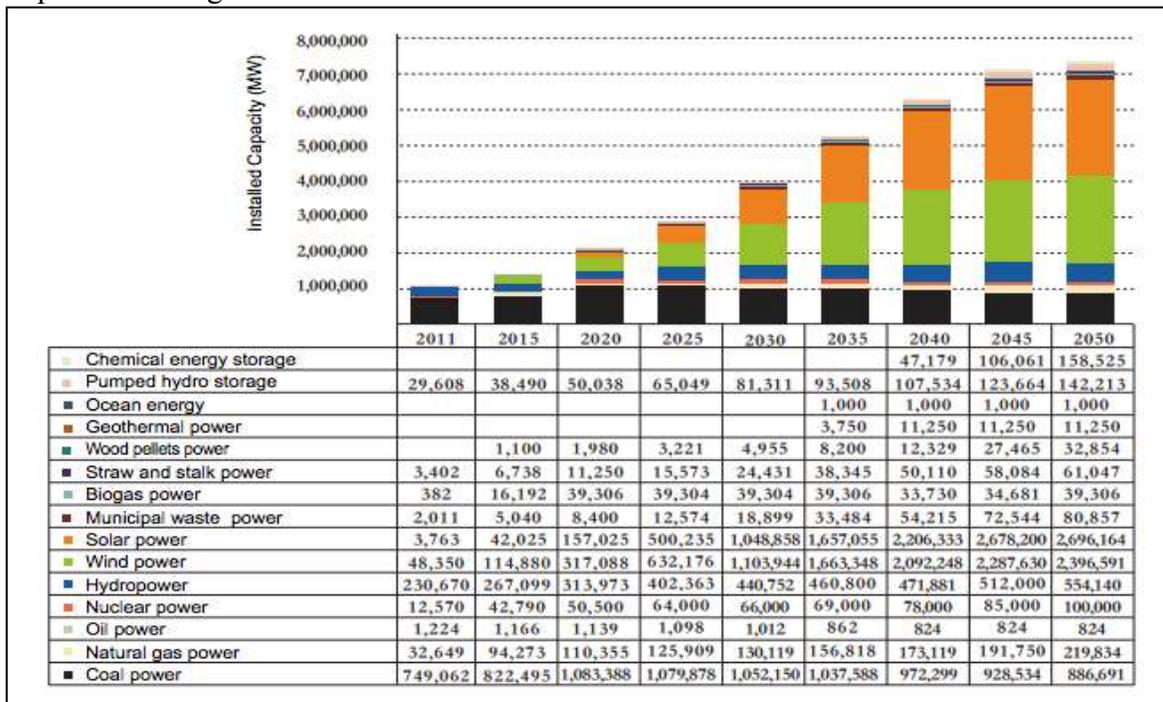


Figura 14: Proyección de la matriz de capacidad instalada según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Finalmente, en el siguiente gráfico se ve como sería la matriz de generación de energía:

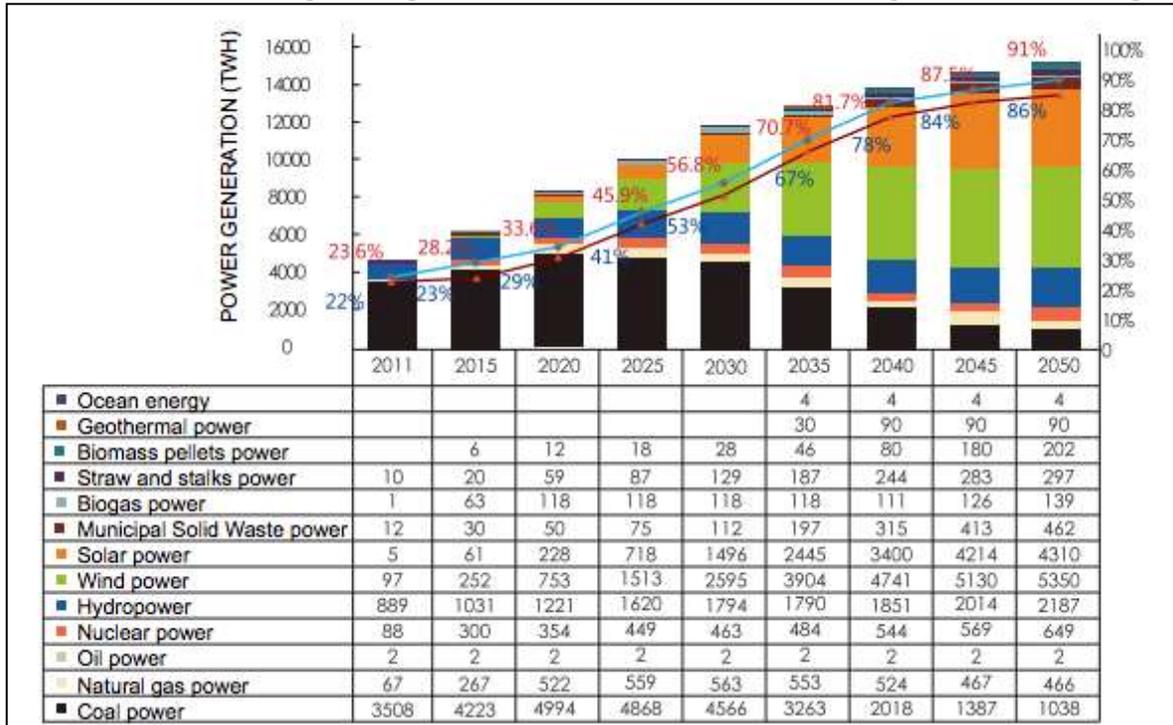
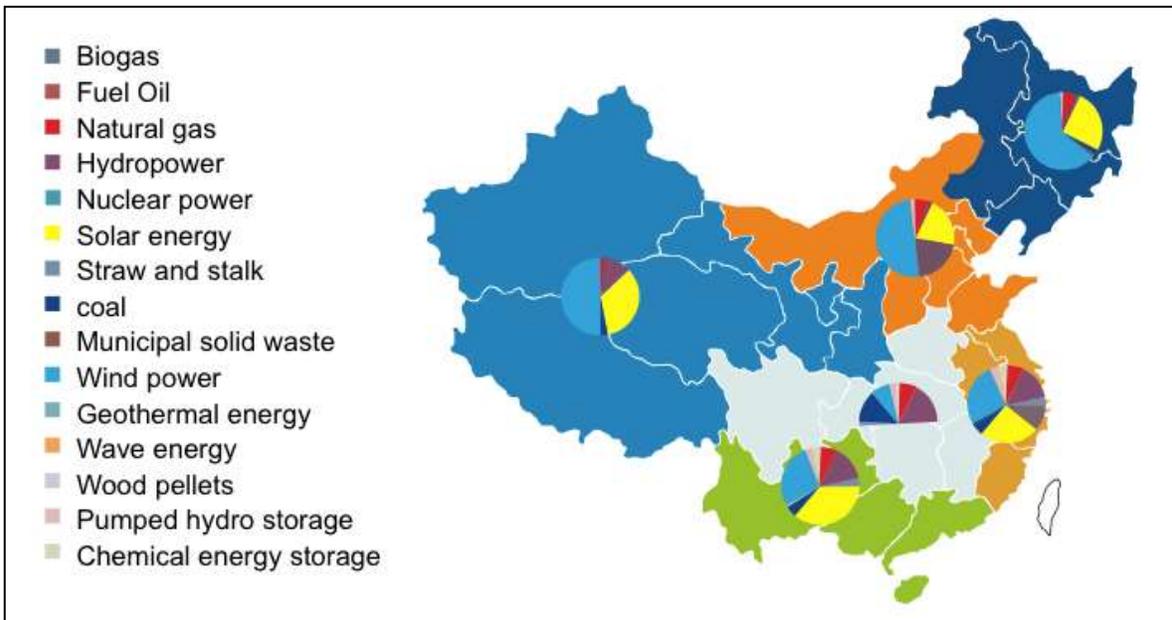


Figura 15: Proyección de la matriz de generación energética según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

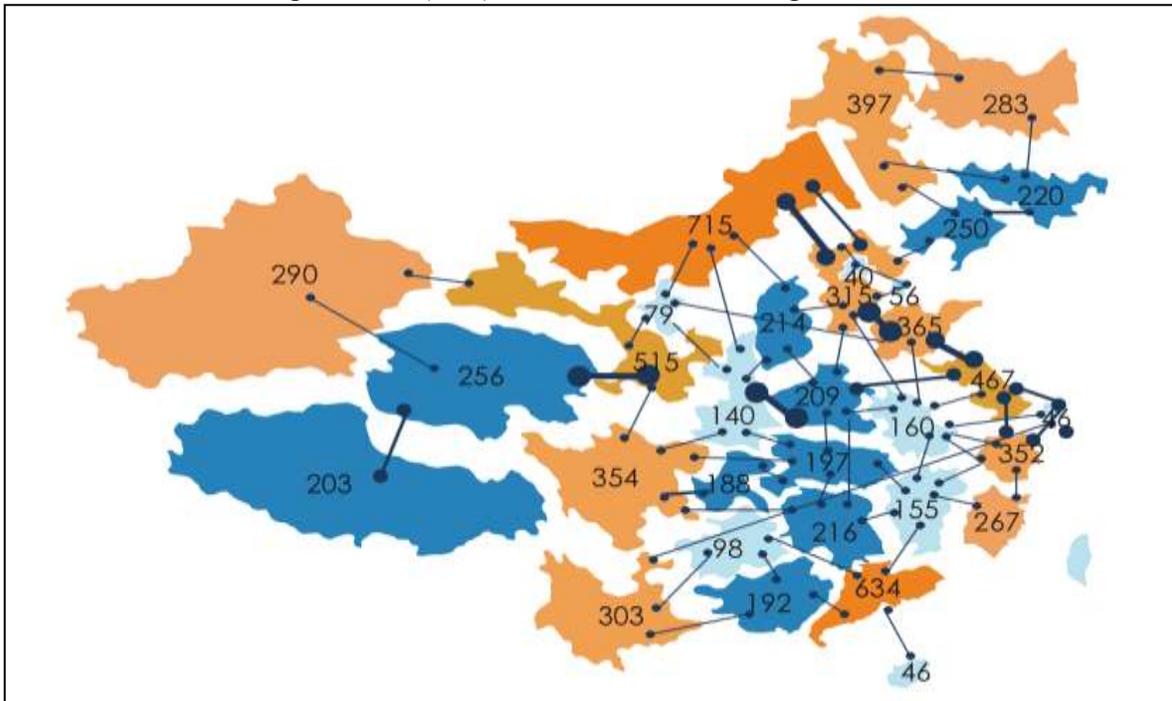
Con el aumento de la generación de energía renovable, China va a tener que renovar el sistema de transmisión para compartir las reservas de electricidad y suavizar la variabilidad de la producción de energía renovable en un área geográfica mucho más amplia. El aumento de la infraestructura de transmisión va a ayudar a eficientizar la transmisión de energía y el intercambio de electricidad dentro de un área mayor, aumentar la flexibilidad del sistema y equilibrar los cambios en la potencia de la producción de energía eólica y solar.

Esta sería la capacidad instalada proporcional de energía renovable por región en el escenario de alta penetración:



**Figura 16: Proyección de la capacidad instalada proporcional por región según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.**

Y esta sería la capacidad de transmisión interprovincial (intercambio) y la capacidad instalada total de cada provincia (GW) en el escenario de alta penetración:



**Figura 17: Proyección de la capacidad de transmisión interprovincial (intercambio) y la capacidad instalada total de cada provincia (GW) según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.**

Es evidente que la infraestructura de transmisión sería muy diferente si consideramos, tal como muestra el siguiente mapa, donde están localizadas las reservas de carbón en China (muy diferente a la nueva distribución que se plantea en el escenario de alta penetración de energías renovables). Al 2016, según el National Bureau of Statistics of the People's Republic of China<sup>7</sup>, la energía producida a través del carbón representaba el 62% de la matriz energética de China. Este es el detalle de las zonas de mayor producción de carbón:

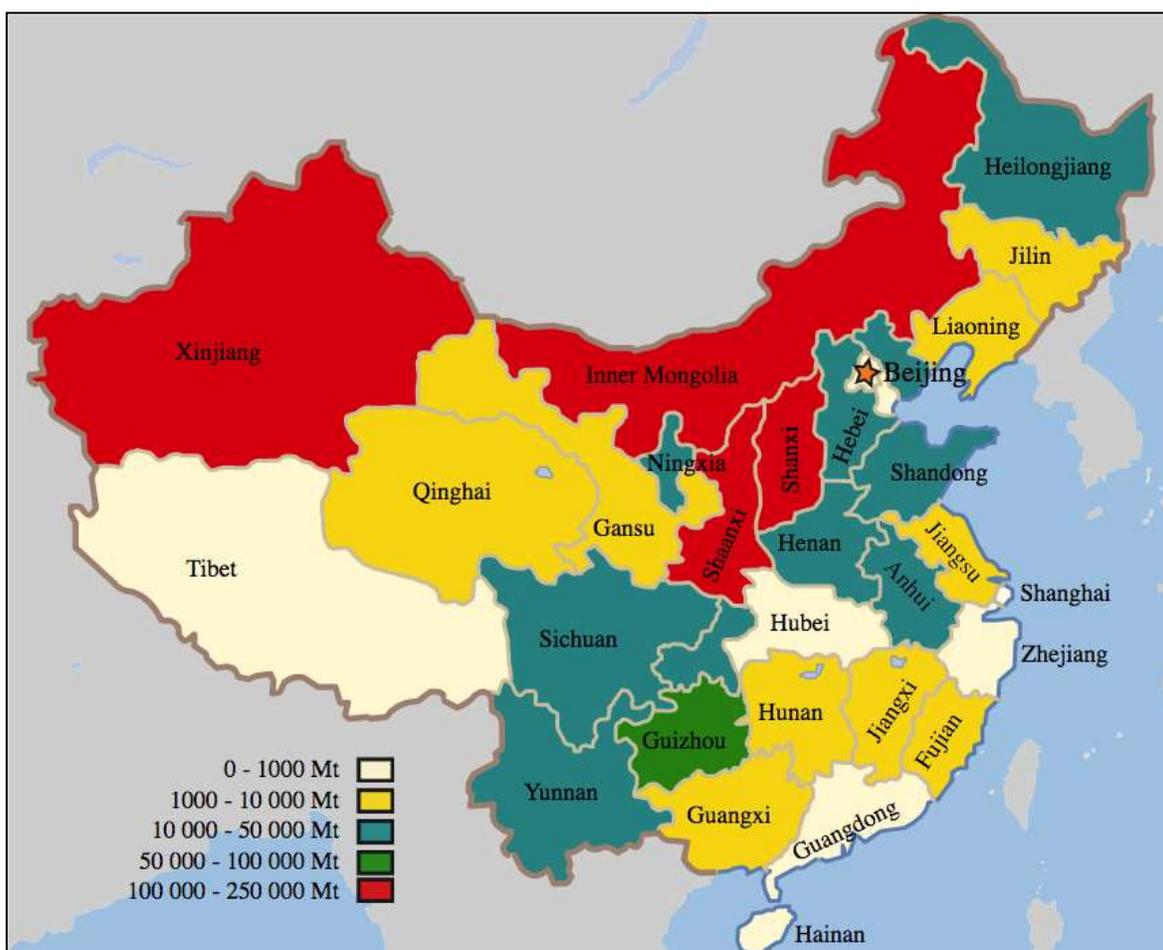


Figura 18: Reservas de carbón en China. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

A medida que se desarrolle la generación de energía variable a gran escala, la carga neta de algunas regiones específicas va a sufrir cambios drásticos. La interconexión regional y la expansión geográfica de las áreas que integren el balance va a ser efectivo para reducir los cambios en la carga neta porque un área de balance más amplia permite que el sistema programe y utilice una gran cantidad de recursos de energía renovable y tecnologías de energía más diversificadas (tal como comentaré más adelante al explicar el Nord Pool Market en el caso danés). Bajo el escenario de alta penetración de energía renovable, habrá tres líneas

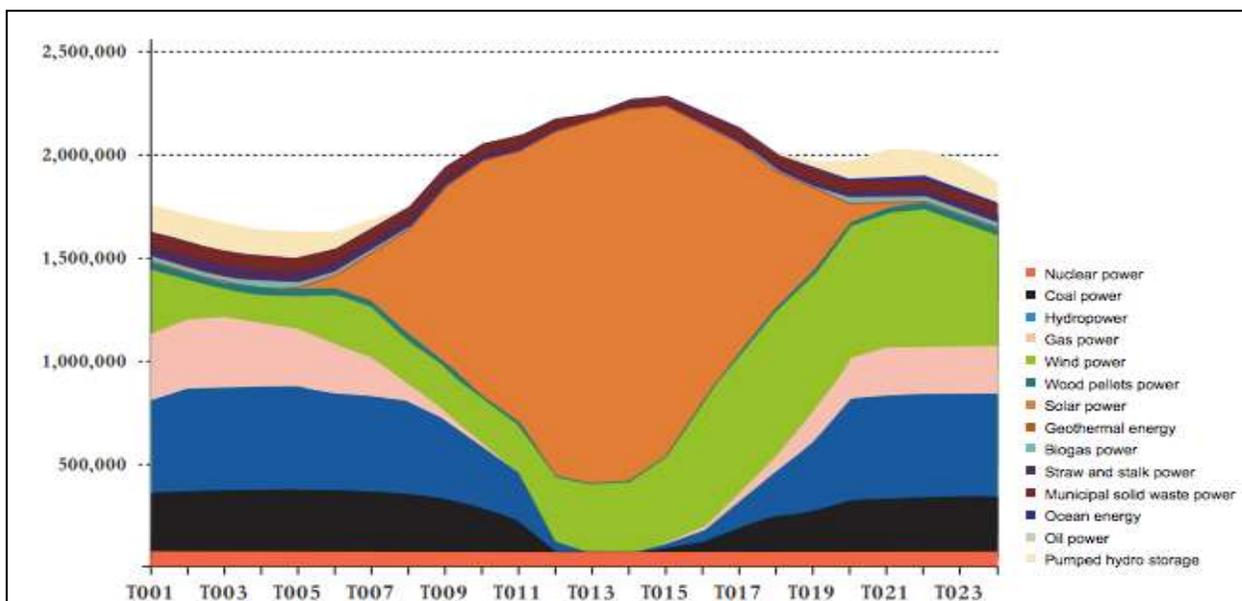
<sup>7</sup> <http://www.stats.gov.cn>

de transmisión transregionales con una capacidad de más de 100 millones de kW: la línea “Northwest Central China”, la línea “Central China-East China” y la línea “North China-East China”. La nueva capacidad de transmisión requerida en el escenario de alta penetración de energía renovable crecerá a medida que aumente la energía renovable.

Bajo el escenario de alta penetración de energía renovable China deberá llevar adelante una serie de medidas técnicas e institucionales. En primer lugar, China va a tener que renovar la capacidad del sistema de transmisión para aliviar la congestión; en segundo lugar, hará hincapié en las tecnologías de almacenamiento de energía y en disminuir el número de plantas de energía que funcionan al nivel mínimo; en tercer lugar, aumentará la flexibilidad de los generadores térmicos y alentará a los generadores flexibles a operar con mayor frecuencia; en cuarto lugar, mejorará la flexibilidad del sistema; e implementará el intercambio de energía a través del mercado de energía.

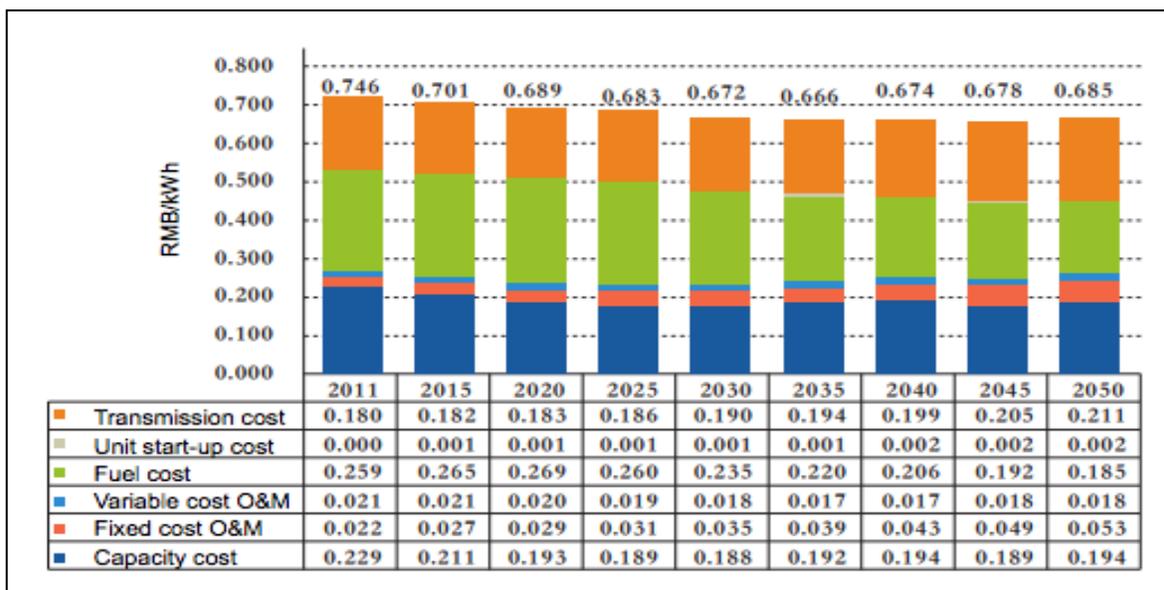
La modelización del sector energético muestra que para adaptarse al aumento en la generación de energía renovable, China necesita implementar un sistema más flexible. Para lograrlo, necesita mejorar la tecnología, formular nuevos procedimientos operativos, desarrollar nuevos modelos comerciales y nuevas reglas del mercado. Siendo que la generación de energía renovable aumentará un 85% en el escenario de alta penetración en 2050, la tasa de contribución de la potencia variable aumentará del 30% al 60%, lo que dificultará mantener el equilibrio en tiempo real entre la oferta y la demanda de electricidad. La variabilidad e incertidumbre asociada a las altas penetraciones de energía eólica y solar se gestionarán mediante la suma de capacidad de energía flexible, mejorando la flexibilidad de las centrales eléctricas de carbón, utilizando dispositivos de almacenamiento de energía (incluidos vehículos eléctricos puros) y mecanismos de respuesta a demanda, y con la expansión de la infraestructura de transmisión.

El siguiente gráfico muestra la generación por hora de energía en un día típico en un escenario de alta penetración:



**Figura 19: Generación por hora de energía en un día típico en un escenario de alta penetración.**  
 Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

El siguiente gráfico muestra la tendencia del costo promedio en RMB<sup>8</sup> por kWh en un escenario de alta penetración. Tanto los avances en las tecnologías vinculadas a las energías renovables, como las mejoras en los costos y el rendimiento de estas tecnologías, tienen un impacto directo en la reducción del costo incremental.



**Figura 20: Tendencia del costo promedio por kWh en un escenario de alta penetración.** Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

<sup>8</sup> RMB es la abreviatura para “renminbi”, que es la moneda de curso legal en china. El yuan es la unidad básica del RMB. Durante el 2017 el valor de un RMB fluctuó entre 0,1453 y 0,1508 dólares americano.

El análisis del costo por kWh en el escenario de alta penetración de energía renovable muestra que los costos de combustible disminuyen drásticamente, mientras que los costos de capacidad y transmisión de energía aumentan. El aumento de los costos de capacidad y transmisión se debe a la incorporación de nuevos equipos de energía (principalmente equipos de generación de energía renovable); equipos de almacenamiento de energía y la construcción de líneas de transmisión de energía. La mayor parte de la inversión de capital incremental relacionada con estos factores se verá compensada por la reducción de los costos del combustible requeridos por las plantas de energía fósil. Es fundamental tener en cuenta que el análisis de los costos incrementales no tiene en cuenta los costos sociales<sup>9</sup> ni los impactos económicos derivados.

Finalizando con lo planteado en “China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study”, estas son las medidas generales que planea tomar el estado chino para apoyar la nueva estructura de energías renovables desde las redes inteligentes. Las mismas serán profundizadas cuando analice el marco regulatorio chino.

- Los departamentos gubernamentales acelerarán el desarrollo de un mecanismo de fijación de precios de la electricidad basado en la competencia del mercado, es decir en la oferta y la demanda, y aprovecharán la ventaja de la energía renovable con un costo marginal cero para realizar la programación preferencial de energía renovable;
- Introducir activamente sistemas de precios de electricidad controlados por varios departamentos, establecer un mercado de capacidad y un mercado de servicios auxiliares, incentivar la capacidad y los servicios de varios participantes del mercado, y promover a los diferentes participantes para ofrecer servicios adaptados a un mercado flexible;
- Establecer mercados interprovinciales, regionales y nacionales de comercialización de energía;
- Establecer una plataforma de comercio (programación) independiente;
- Separar las redes de transmisión y distribución de energía, e incorporar una supervisión reguladora de la transmisión y distribución de energía; y
- Mejorar la respuesta del lado de la demanda, el almacenamiento de energía y otros sistemas de gestión del mercado que respaldan la flexibilidad.

Y las principales acciones a tomar por el sector energético y sus participantes son:

- Construir una red principal interprovincial, otra interregional, y una red de distribución de energía avanzada e inteligente. Además, establecer una plataforma de programación de electricidad que cuente con tecnologías avanzadas, que trabajará en base al pronóstico de energía, elaborando operaciones de programación en tiempo real, con un monitoreo constante, y que calcule la optimización de la programación de la energía eólica y otras nuevas fuentes de energía. Otros objetivos implican readaptar la red eléctrica para que deje de ser una red de transmisión y distribución

---

<sup>9</sup> Como el impacto ambiental causado por las emisiones de GEI y los contaminantes del aire.

de energía tradicional, y pase a ser en una red eléctrica integral bidireccional que considere varias variables; desarrollar activamente microrredes inteligentes y construir una red de distribución de energía inteligente que se adapte a altos niveles de generación de energía distribuida;

- Optimizar el despliegue, la estructura y el funcionamiento de la energía flexible. Inicialmente, el sector de energía tendrá que optimizar la dependencia de la energía generada a partir de fuentes de energía convencionales; controlar principalmente el uso de la energía proveniente del carbón y gradualmente recurrir a fuentes de energía renovables; optimizar y desarrollar varias fuentes de energía flexibles a gran escala; fomentar la energía a partir de gas natural; impulsar la generación de energía geotérmica y energía nuclear a largo plazo; coordinar el diseño y la operación de proyectos hidroeléctricos, parques eólicos, estaciones de energía fotovoltaica y otras fuentes renovables.
- Desarrollar mecanismos de respuesta a la demanda y almacenamiento de energía a gran escala. Desarrollar una carga ajustable y expandir continuamente la escala de carga ajustable para convertirla en el recurso flexible fiable; hacer que la operación de la red eléctrica sea más segura, más estable y económica; evitar accidentes; desarrollar enérgicamente nuevas medidas de almacenamiento de energía, incluidas baterías avanzadas, almacenamiento de energía de aire comprimido y vehículos eléctricos.

El siguiente cuadro resume la situación actual de los incentivos al desarrollo del sector eléctrico, y las expectativas a futuro en un escenario de alta penetración de energías renovables:

		Antes del 2017
POWER SECTOR	(I) Build a New-Type Grid Public Service Platform	Develop demonstrations of smart grid and micro grid; promote integrated utilization of wind power and solar PV power forecast system; construct inter-regional power transmission lines.
	(II) Optimize the Deployment, Structure, and Operation of Flexible Power	Control and optimize the layout of coal power development in baseload area; speed up the construction of pumped hydro storage and natural gas power stations; improve the regulating capacity of coal power (including combined heat and power generation).
	(III) Develop Demand Response Mechanisms and Energy Storage in a Large Scale	Develop demonstrations of adjustable load and demand response; develop pumped hydropower storage; demonstrate advanced energy storage technology.

2020	2030	2040
Fully promote smart grid, build advanced power dispatch platform, and realize large-scale, hierarchical integrated and optimal dispatch.	Vigorously promote micro grid, build smart distribution grid suitable for high penetration of distributed generation.	Establish a comprehensive service-oriented grid platform integrating two-way transmission and interactive services.
Fully control the scale of coal power, expand the scale of pumped hydro storage and natural gas power; tap the regulating capacity of coal power, concentrating solar power, and nuclear power.	Change coal power into standby and peaking capacity; coal power and gas power become major adjustable power sources; all kinds of power supply have the ability of adjustment.	Fully establish a diversified and flexible power system.
Expand the scale of adjustable load; promote application of advanced energy storage technology on the user side.	Fully tap the potential of adjustable load; popularize advanced energy storage technology.	Demand response and energy storage become important flexible resources.

**Figura 21: Resume la situación actual de los incentivos al desarrollo del sector eléctrico, y las expectativas a futuro en un escenario de alta penetración de energías renovables. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.**

#### 4.2.3. Brasil

El 2015 fue el primer año en que los países en desarrollo dedicaron más dinero a energías limpias que los países desarrollados. Según el décimo Informe sobre Tendencias de Inversión en Energías Renovables, la inversión global fue de US\$285.900 millones, de los cuales China, India y Brasil aportaron US\$156.000 millones<sup>10</sup>.

Brasil es el mercado energético más grande de Latinoamérica. Sin embargo, tal como explicaré más adelante, el desarrollo de las redes inteligentes es lento por no contar con un marco regulatorio sólido que lo avale. A pesar de ello, existen en el país programas de incentivos a la eficiencia energética, las redes inteligentes y las energías renovables que se impulsaron con fuerza y fueron la base del desarrollo de las energías renovables en el país.

La expansión y la diversificación esperadas para la industria energética brasileña, impulsadas por los programas que luego se detallarán, y otros, requerirán, sin duda, un gran esfuerzo de parte del sector eléctrico nacional. De hecho, para apoyar las demandas del desarrollo y la apertura de la economía nacional, el sector eléctrico tendrá que experimentar un proceso de fuerte cambio en sus diversas dimensiones: nuevos productos, mercados e insumos; mano de obra mejor calificada; nuevas tecnologías en las áreas de producción, comunicación, gestión, finanzas y administración. Como consecuencia de este desarrollo que ya se viene dando, aparecen varias propuestas de desarrollo para el sector eléctrico brasileño, que pueden resumirse en las siguientes oportunidades según el Plan Estratégico 2010-2020 de Eletrobras<sup>11</sup>: a) Surgimiento de nuevos mercados, productos e insumos en el sector de la energía eléctrica, capaces de promover una fuerte y radical redefinición del sector; b) Mercados de conservación de energía y eficiencia energética en expansión c) Desarrollo y oferta de nuevas tecnologías no solo para la generación, transmisión y distribución de

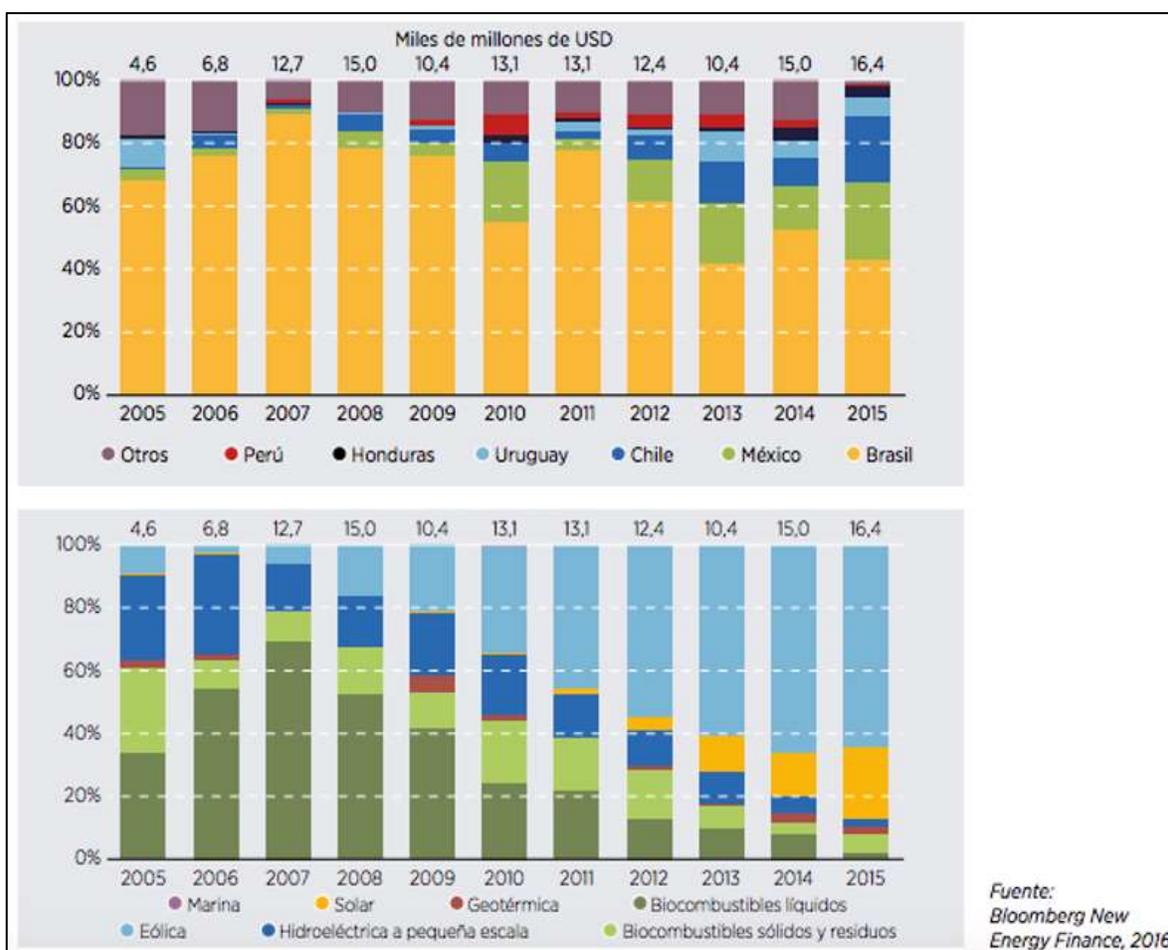
<sup>10</sup>

[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160329\\_ciencia\\_energia\\_renovable\\_inversion\\_america\\_g](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160329_ciencia_energia_renovable_inversion_america_g)

<sup>11</sup> Empresa controlada por el gobierno brasileño; actúa en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

energía, sino también para los departamentos de gestión, tecnología de la información y telecomunicaciones; d) Mayor cantidad de mano de obra mejorada y calificada.

Esto está perfectamente alineado con el 2do de los 5 objetivos del Plan Estratégico 2010-2020 en la Transformación de Eletrobras que implica “maximize the participation of clean energy, including new alternative sources, within the Eletrobras System power grid.”



**Figura 22: Inversión en energías renovables, 2010 a 2015, por país (arriba) y por tecnología (abajo). Fuente: IRENA.**

Según un artículo publicado en el 2015 por el periódico digital “Brasil Económico”<sup>12</sup>, en Brasil hay 14 empresas del sector (de las 63 que hay en total) que están desarrollando proyectos de redes inteligentes. El artículo indica que en el 2013 había 1,2 millones de residentes conectados a las redes inteligentes en Brasil. Y, según la consultora Frost & Sullivan, para el 2018 deberían ser 15 millones. Igualmente indica que el proceso viene madurando de a poco, y tal es así que el 75% de los nuevos medidores comprados en EEUU

<sup>12</sup> <http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/2015-06-29/redes-inteligentes-de-energia-eletrica-estao-na-miradas-distribuidoras.html>

son del tipo digital e inteligente, mientras que en América Latina solo representan el 15%. Además indica que más que ofrecer nuevos servicios en el futuro (como monitoreo doméstico, automatización residencial y acceso a internet) las distribuidoras brasileñas se enfocan en disminuir las pérdidas por fraude y robo de energía. En el país las pérdidas comerciales (derivadas principalmente de robos y fraudes) alcanzaron en el 2014 un 5,63% de la energía inyectada en el sistema global por las distribuidoras brasileñas, de acuerdo con datos de la ABRADDE<sup>13</sup>.

#### 4.2.4. Argentina

Siguiendo la línea de pensamiento que el Abogado Gustavo Gil<sup>14</sup> planteó en el 2016, en Argentina se identifican 418 cooperativas que distribuyen energía eléctrica, entre otros servicios, a más de 2.405.779 usuarios. Además, los centros de generación de energía se encuentran muy alejados de los centros de consumo. El tesista indica que “una compleja infraestructura acompaña a ese modelo de generación y consumo para permitir transportar la energía y hacerla llegar a los usuarios en óptimas condiciones para su consumo, produciendo importantes pérdidas en el transporte”. Ante esta situación, se plantea un desarrollo de las energías renovables desde dos frentes. Uno implica desarrollar tecnologías para la generación renovable concentrada y otro desarrollar tecnologías para la generación distribuida.

En los últimos años el país hizo progresos muy importantes en esta materia. Algunos de ellos son:

- Ya se adjudicaron los precios para el programa RenovAr 2<sup>15</sup>. Entre RenovAr 1, RenovAr 1.5, RenovAr 2, y algunos remanentes de la resolución 202, se adjudicaron aproximadamente 4400MW de energías renovables. Y van a haber más rondas<sup>16</sup>.
- Se sancionó la ley de Generación Renovable Distribuida<sup>17</sup>.
- Renovación de las exenciones impositivas del derecho de importación para energías renovables
- Ya se están viendo los avances y aprendizajes obtenidos en el proceso de implementación del Proyecto de Redes Inteligentes con Energías Renovables (PRIER) en la ciudad Armstrong, provincia de Santa Fe<sup>18</sup>. Además, este

---

<sup>13</sup> Asociación Brasileña de Distribuidores de Energía Eléctrica, <http://www.abradee.com.br/instituto-abradee/quem-somos>

<sup>14</sup> Director del Centro de Energías Renovables del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, [www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)

<sup>15</sup> [www.energiaestrategica.com/se-adjudicaron-1-400-mw-la-licitacion-energias-renovables-invitan-perdedores-igualar-precios](http://www.energiaestrategica.com/se-adjudicaron-1-400-mw-la-licitacion-energias-renovables-invitan-perdedores-igualar-precios)

<sup>16</sup> [www.cronista.com/especiales/Donde-esta-la-Argentina-y-hacia-donde-va-20170920-0011.html](http://www.cronista.com/especiales/Donde-esta-la-Argentina-y-hacia-donde-va-20170920-0011.html)

<sup>17</sup> [www.energiaestrategica.com/dia-historico-argentina-aprobo-ley-nacional-generacion-distribuida-energias-renovables](http://www.energiaestrategica.com/dia-historico-argentina-aprobo-ley-nacional-generacion-distribuida-energias-renovables)

<sup>18</sup> <http://www.energiaestrategica.com/realizan-presentacion-proyecto-redes-inteligentes-renovables>

proyecto piloto firmará un “Convenio de Adhesión” al programa de la Provincia de Santa Fe “Prosumidores”, el cual garantizará incentivos de inyección de energía limpia a la red a las cerca de 60 viviendas que participarán de esta experiencia en Argentina<sup>19</sup>

- La Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA), junto al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCYT), invitaron durante el 2017 a grupos de investigación a presentar “Ideas Proyecto”<sup>20</sup> sobre redes inteligentes a fin de lograr un uso racional y eficiente de la energía.

Los objetivos específicos son:

- Optimizar y fomentar el uso responsable de la energía;
- Diversificar la matriz energética;
- Optimizar el consumo eléctrico;
- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, fomentando la utilización de energías renovables;
- Disminuir la congestión de la red eléctrica;
- Mejorar el factor de utilización del sistema eléctrico, logrando disminuir la demanda en horarios picos y aumentarla en horarios de valle;
- Mejorar la calidad de servicio y producto eléctrico;
- Facilitar el acceso al servicio de provisión de energía eléctrica a sectores de menores recursos;
- Incluir a los clientes finales como actores activos en el sistema de provisión de energía eléctrica;
- Concientizar de la importancia de cuidar los recursos naturales, utilizarlos razonablemente y favorecer el desarrollo sustentable;
- Mejorar la situación de la Seguridad en la Vía Pública y en las instalaciones del cliente;
- Aprovechar las alternativas de automatización de las nuevas tecnologías.

- Se está avanzando en el proyecto de ley denominado “Régimen de Fomento para el Desarrollo y Utilización de Vehículos Eléctricos y Sistemas de Movilidad Sostenible”<sup>21</sup>

- Hay varios proyectos que implican la instalación de medidores inteligentes.

Algunos de ellos son:

- El ya mencionado PRIER;
- Red Inteligente Ciudad de San Martín<sup>22</sup>: la Empresa Distribuidora de Electricidad del Este S.A. (EDESTE) en conjunto con la UTN están llevando a cabo

---

<sup>19</sup> [www.energiaestrategica.com/redes-inteligentes-hoy-se-firmara-importante-convenio-avance-prier/m](http://www.energiaestrategica.com/redes-inteligentes-hoy-se-firmara-importante-convenio-avance-prier/m)

<sup>20</sup> [www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/053/0000053316.pdf](http://www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/053/0000053316.pdf)

<sup>21</sup> [www.energiaestrategica.com/lento-seguro-continua-tratamiento-del-proyecto-ley-vehiculos-electricos](http://www.energiaestrategica.com/lento-seguro-continua-tratamiento-del-proyecto-ley-vehiculos-electricos)

<sup>22</sup> [www.energiaestrategica.com/en-6-meses-mendoza-comenzara-a-experimentar-con-redes-inteligentes](http://www.energiaestrategica.com/en-6-meses-mendoza-comenzara-a-experimentar-con-redes-inteligentes)

la primera experiencia en redes inteligentes en la provincia de Mendoza poblando con 5.000 medidores inteligentes a todos los habitantes de la localidad de San Martín. El proyecto se puede llevar a cabo gracias a los 28 millones de pesos que liberara el FONARSEC. El monto representa cerca del 60% de la obra valuada en 48 millones de pesos;

-EDESUR invertirá \$5000 millones en redes inteligentes en el 2018 y el 2019. En 2017 harán una prueba piloto en el barrio Los Piletones (Villa Soldati) instalando 100 medidores inteligentes<sup>23</sup>.

-En Salta, a través de un Consorcio Asociativo Público Privado (CAPP), del que participan la Secretaría de Energía del Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable de la Provincia de Salta, la Universidad Católica de Salta y la Empresa Distribuidora de Electricidad de Salta Sociedad Anónima (EDESA), se implementó un proyecto sobre la zona principal del barrio Grand Bourg, alcanzando a 1.800 usuarios. Esto complementa la Ley de Balance Neto que la provincia de Salta ya tiene en funcionamiento<sup>24</sup>.

-El Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN) ya instaló tecnología que le permite obtener de forma automática y remota el estado de los medidores de energía eléctrica de 5.240 hogares de Centenario, Aluminé y San Martín de los Andes, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio mediante la digitalización de las redes. Los trabajos continúan en el 2018. La inversión total en adquisición de equipamiento, costo de la mano de obra para el reemplazo y gestión de equipos, sistemas e instalaciones es del orden de los USD3.000<sup>25</sup>.

-San Juan ensaya experiencias de inyección de energía renovable a la red domiciliaria. A los fines de impulsar un marco regulatorio que permita a usuarios particulares el volcado de energía limpia a la red de baja tensión, la provincia está llevando a cabo proyectos a escala de prototipo para evacuar dudas técnicas<sup>26</sup>.

- El desarrollo de redes inteligentes es un tema central en Argentina Innovadora 2020, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación por el cual el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, establece los lineamientos de política científica, tecnológica y de innovación en el país hasta el año 2020<sup>27</sup>.

---

<sup>23</sup> [www.lanacion.com.ar/1986116-livio-gallo-vamos-a-mejorar-dramaticamente-la-calidad-del-servicio-en-edesur](http://www.lanacion.com.ar/1986116-livio-gallo-vamos-a-mejorar-dramaticamente-la-calidad-del-servicio-en-edesur)

<sup>24</sup> [www.energiaestrategica.com/salta-se-prepara-para-comenzar-con-las-licitaciones-del-proyecto-de-redes-inteligentes](http://www.energiaestrategica.com/salta-se-prepara-para-comenzar-con-las-licitaciones-del-proyecto-de-redes-inteligentes)

<sup>25</sup> [www.energiaestrategica.com/neuquen-instala-mas-5-000-medidores-inteligentes-la-provincia](http://www.energiaestrategica.com/neuquen-instala-mas-5-000-medidores-inteligentes-la-provincia)

<sup>26</sup> [www.energiaestrategica.com/san-juan-ensaya-experiencias-inyeccion-energia-renovable-la-red-electrica-domiciliaria](http://www.energiaestrategica.com/san-juan-ensaya-experiencias-inyeccion-energia-renovable-la-red-electrica-domiciliaria)

<sup>27</sup> [www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?page\\_id=194](http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?page_id=194)

- En diciembre del 2015 se creó el Ministerio de Energía y Minería, absorbiendo a las anteriores Secretarías de Energía y de Minería, introduciéndose dentro de la Secretaría de Energía Eléctrica la Subsecretaría de Energías Renovables

El objetivo del gobierno, y avalado por la Ley de Energías Renovables aprobada por el gobierno anterior y ratificada por el actual, es que para el 2025 el 20% de la matriz de energía eléctrica provenga de fuentes renovables. Se estima que para fines del 2018 el 8% del consumo eléctrico provendrá de energías renovables.

### **4.3. Marco Regulatorio**

Es válido definir el concepto de marco regulatorio como el conjunto de leyes y reglamentos que se establecen para un sector a fin de ordenar su operación y determinar sus posibilidades de acción. En la investigación RISE mostrada más arriba se incluyeron aspectos importantes relacionados con el marco regulatorio de cada país, los principales mencionados en el estudio son: “National Energy Efficiency Planning”, “Incentives & mandates: public sector”, “Legal Framework for Renewable Energy” y “Incentives and regulatory support for renewable energy”.

Lo que el estudio que sigue va a dejar en claro es que Dinamarca es quien empezó a impulsar el desarrollo de las redes inteligentes y las energías renovables en forma más anticipada y acompañando este impulso con un marco regulatorio real y concreto. Los otros países pueden haber empezado antes o después, pero al día aún no han logrado darle forma a un marco regulatorio sólido y eficiente.

### **4.4. Dinamarca**

Tal como fue mencionado cuando se introdujo el caso danés, el gobierno local apoyó fuertemente el desarrollo de las redes inteligentes. Esto lo hizo principalmente adaptando el marco regulatorio a las necesidades del desarrollo. Según el reporte de la Comisión Europea, el 36% de la inversión total realizada fue financiada por el estado. La parte mayoritaria de este financiamiento fue impulsada por el programa ForskEL lanzado en 1998. El programa se financia a través de una tarifa de Obligación de Servicio Público (PSO) que todos los consumidores de electricidad pagan a través de sus facturas de electricidad (11% por sobre el valor consumido). El fin de éste programa es “to grant funding for research, development and demonstration projects needed to utilize environmentally friendly electricity generation technologies, including the development of an environmentally friendly and secure electricity system (Energinet.dk, 2016)”.

Lo que está claro es que la transición danesa hacia una matriz energética renovable y eficiente está financiada en primera instancia por los consumidores (y una posterior inversión estatal). Pero siempre asumiendo que el impacto de aumentar las tarifas son compensadas por mayores niveles de eficiencia energética y, por lo tanto, una menor demanda de energía. Actualmente los cobros del PSO varían con los precios del mercado de la electricidad pero el gobierno cree que en el futuro, el PSO estará más estático en la medida que el costo de

mayores volúmenes en la capacidad de renovables sea compensado con el precio decreciente de la tecnología.

A continuación listaré las 9 recomendaciones claves que The Smart Grid Network, dirigida por el Ministerio danés de Clima, Energía y Construcción emitió en el 2011. Al día de hoy la realidad danesa demuestra que han venido rigiéndose por estos principios, sobre todo al momento de definir su marco regulatorio:

1. Pricing signals to customers that reflect the value of flexible usage
2. New economic regulation of distribution companies' Smart Grid activities
3. Electricity taxes that support an effective electrification
4. Effective activation of storage and decentralised production
5. Strengthening of standardisation and interoperability
6. Research and development as a dynamo for green growth
7. Strengthen consumer engagement
8. Minimise the risks for electricity customers and actors
9. Make it easier to create new services

En línea con esto, desde el 2006 las distribuidoras danesas deben cumplir con metas de eficiencia energética para las cuales incorporar herramientas de redes inteligentes les es fundamental. En el Denmark's National Energy Efficiency Action Plan del 2012 se acordó que debían asegurar un ahorro energético anual de un 2,6% en el 2013 y el 2014. Y que desde el 2015 al 2020 el ahorro anual debe ser de un 3% (hay un reglamento que establece como monitorear, medir, documentar y auditar estos ahorros).

El aspecto regulatorio principal, y que podría verse como la síntesis de los progresos tecnológicos en redes inteligentes, es el hecho de que hoy Dinamarca y los países Nórdicos se rigen según un mercado de oferta y demanda de la energía que regula los precios. Esto no podría existir sin tener una tecnología tal que les permita saber el precio de la energía actualizado (afectado por diversas variables tales como el costo de producción, el tráfico de energía, las fallas en el sistema, clima, etc.).

Los países nórdicos han desregulado sus mercados de energía en los primeros años de la década del 90 y han unido sus mercados individuales en un único mercado nórdico llamado Nord Pool Market. Luego, entre el 2010 y el 2013, Estonia, Letonia y Lituania desregularon sus mercados de energía, y se unieron al Nord Pool Market.

El término "desregulación" significa que el estado ya no maneja el mercado de energía, y es reemplazado por la libre competencia. La desregulación fue propuesta para impulsar un mercado más eficiente, con un intercambio de energía entre los países y una mayor seguridad en la cadena de suministro. Es evidente que la energía disponible se puede utilizar más eficientemente en una región grande en donde los mercados integrados mejoran su productividad y eficiencia. Al haber más integrantes hay más posibilidad de contar con diferentes fuentes de energía y es posible tener una demanda mejor distribuida (principalmente por el cambio de horas pico o valle de energía según la rutina horaria de consumo de cada región).

Hoy en día, hay un consenso general entre las partes interesadas en los mercados de energía Nórdicos y Bálticos, sobre que este modelo de energía sirve a la sociedad. Como el

precio de la energía se determina según la oferta y la demanda, es claro dónde hay problemas en la red cuando el precio de la energía sube, y se pueden tomar medidas en función de eso.

#### **4.3.1.1. Nord Pool Market**

A continuación explicaré en detalle cómo funciona el mercado de energía en cuestión ya que es el modelo a seguir por los otros países que estudio en este trabajo:

El mercado diario es donde se realizan la mayoría de las negociaciones comerciales. Acá es donde los contratos se realizan entre el vendedor y el comprador para la entrega de energía al día siguiente, se establece el precio y se acuerda el intercambio. Hoy hay alrededor de 360 compradores y vendedores en el mercado diario. La mayoría de ellos comercia todos los días, colocando un total de alrededor de 2000 pedidos de contratos de energía diariamente.

La negociación diaria es impulsada por la planificación de los miembros. Un comprador, generalmente una empresa de servicios públicos, necesita evaluar cuánta energía (“volumen”) necesitará para satisfacer la demanda al día siguiente, y cuánto está dispuesto a pagar por este volumen, hora por hora. El vendedor, por ejemplo, el propietario de una planta de energía hidroeléctrica, necesita decidir cuánto puede entregar y a qué precio, hora por hora. Estas necesidades se reflejan a través de pedidos ingresados por compradores y vendedores en el sistema de negociación diaria del Nord Pool.

Las 12:00 CET (Central European Time) es la hora límite para enviar ofertas de energía que se entregarán al día siguiente. El sistema de comercio alimenta la información en un sistema informático especializado que calcula el precio basándose en un algoritmo avanzado. En pocas palabras, el precio se establece donde se encuentran las curvas de precio de venta y precio de compra tal como muestra el siguiente gráfico.

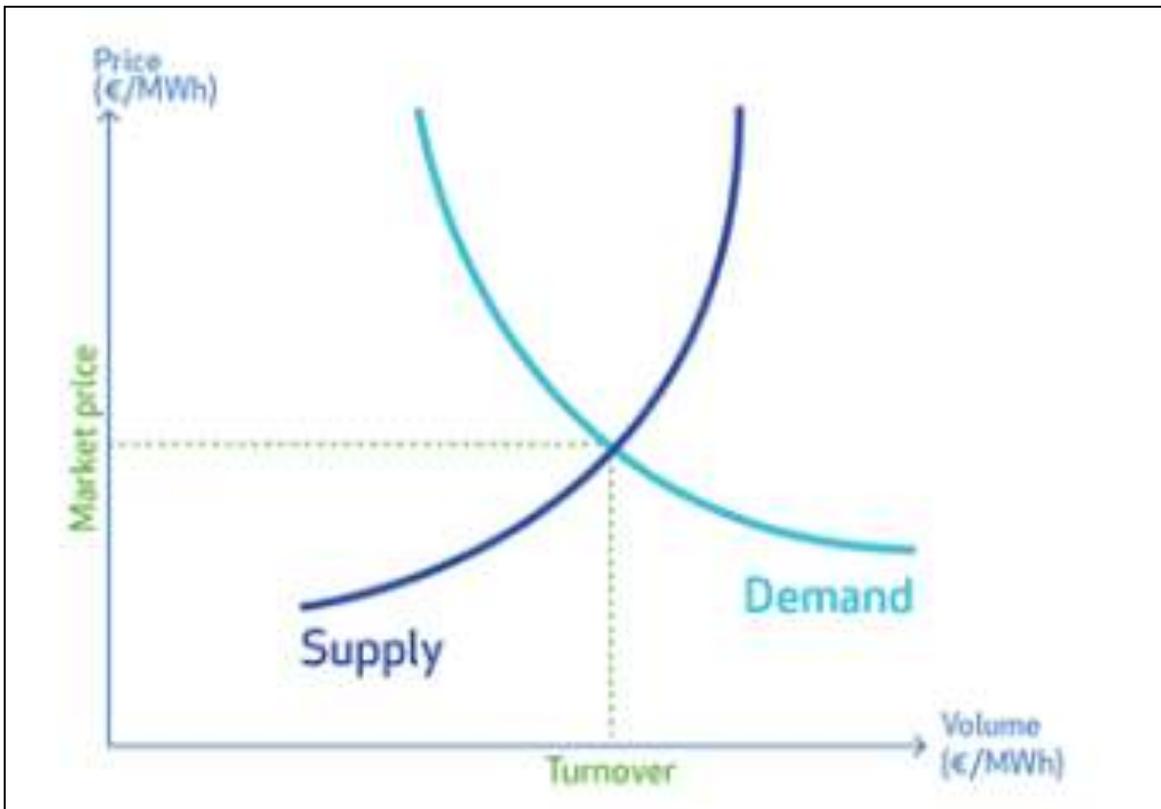


Figura 23: Curva de precio de venta y precio de compra. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Los precios por hora generalmente se anuncian en el mercado a las 12:42 CET. Una vez que los precios de mercado han sido calculados, los intercambios se liquidan. A partir de las 00:00 CET del día siguiente, los contratos de energía se entregan físicamente (lo que significa que la energía se proporciona al comprador) hora por hora de acuerdo con los contratos acordados.

Si bien la oferta y la demanda son los factores clave que determinan los precios de mercado por hora, la capacidad de transmisión también juega un rol fundamental. Los cuellos de botella pueden ocurrir por ejemplo cuando es necesario transmitir grandes volúmenes para satisfacer la demanda de una determinada área. Para aliviar esta congestión, se introducen diferentes precios de área. Es decir, cuando la capacidad de transmisión se ve limitada, el precio se eleva para reducir la demanda en las áreas afectadas (y esto levanta alertas que deberán ser solucionadas a futuro ya sea mejorando la capacidad de transmisión o incorporando nuevas fuentes de producción en el área deficiente).

Además, el Nord Pool Market ofrece un mercado “intradía” que complementa el mercado diario y ayuda a asegurar el equilibrio necesario entre la oferta y la demanda. La mayor parte del volumen manejado por el Nord Pool Market se comercializa en el mercado diario y, en su mayor parte, el equilibrio entre la oferta y la demanda está asegurado aquí. Sin embargo, los incidentes pueden tener lugar entre el cierre del mercado diario en el mediodía CET y la entrega al día siguiente. Por ejemplo, una planta de energía nuclear puede dejar de operar en Suecia, o los fuertes vientos pueden causar una mayor generación de

energía de lo planeado en los parques eólicos daneses. En el mercado intradiario, los compradores y vendedores pueden intercambiar volúmenes casi en tiempo real para equilibrar el mercado.

A las 14:00 CET, se publican las capacidades disponibles para la negociación “intradía” del Nord Pool Market. Este es un mercado continuo, y el comercio se lleva a cabo todos los días durante todo el día hasta una hora antes de la entrega. Los precios se establecen según el principio del orden de llegada, donde los mejores precios son los primeros: el precio de compra más elevado y el precio de venta más bajo.

En cuanto a la producción que alimenta este mercado, hay más de 370 empresas responsables de la producción de energía en los países nórdicos y bálticos. La generación media anual de energía en los países nórdicos y bálticos es de alrededor de 420 TWh en total. En un año con lluvia y nevada normales, la energía hidroeléctrica representa la mitad de la demanda de electricidad de los países nórdicos.

En Noruega, casi toda la energía es generada por energía hidroeléctrica, mientras que Suecia y Finlandia tienen una mezcla de energía hidroeléctrica, nuclear y térmica. Dinamarca utiliza predominantemente energía térmica, pero la energía eólica es cada vez más importante. En Estonia y Lituania, la energía es principalmente térmica. En los años secos, los países nórdicos se vuelven más dependientes de la importación de energía de otros países: Rusia, Estonia, Holanda, Polonia y Alemania.

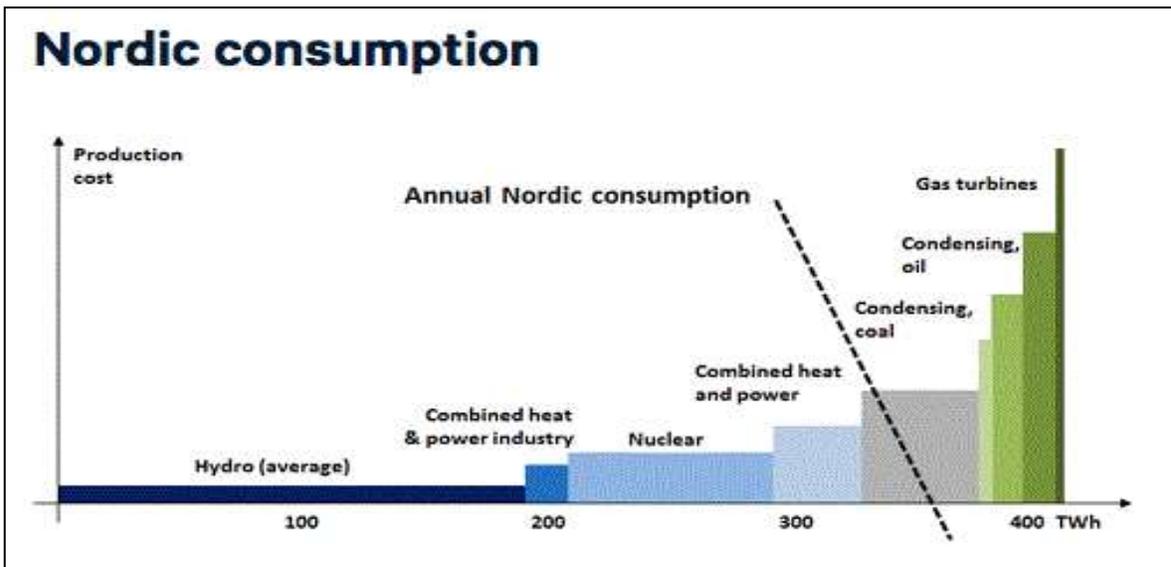
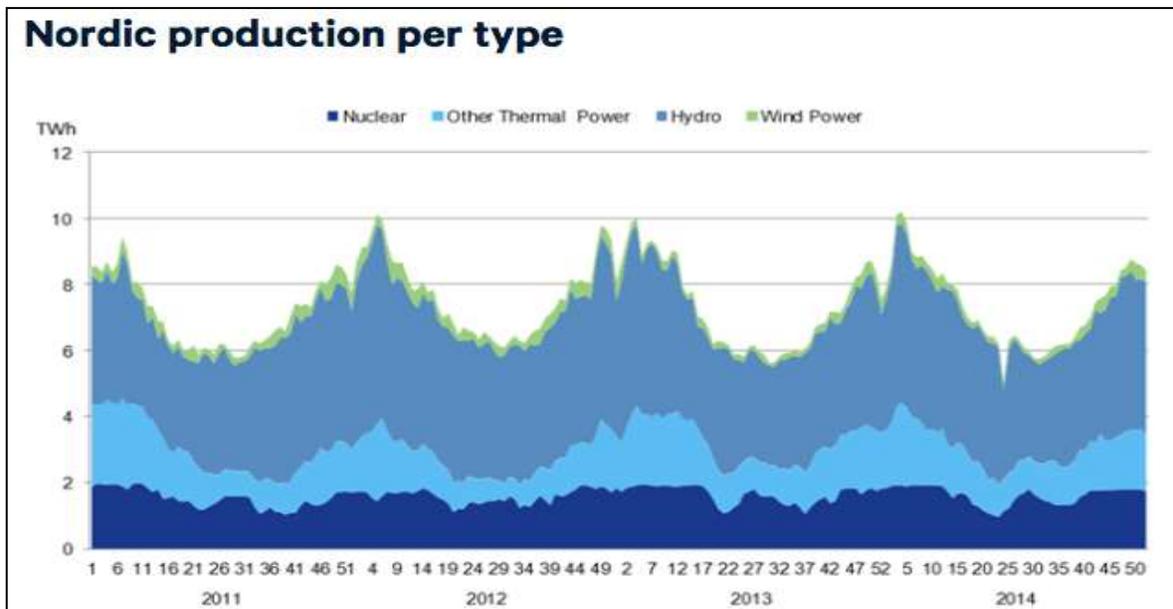


Figura 24: Fuentes de energía, costo de producción y nivel de consumo. Fuente: Web de Nord Pool Group.

El gráfico anterior representa una situación típica en el mercado nórdico. Está claro que el costo de producción de energía varía. Ya que la hidroeléctrica es la fuente de energía más barata, un nivel bajo en los reservorios hídricos significará que los productores usarán fuentes más caras que darán como resultado un costo de producción más alto. De la misma manera, el costo de producción cae cuando los embalses tienen más agua. Por lo tanto, los precios de la energía nórdica dependen en gran medida tanto de los niveles de precipitaciones existentes

como del acceso a la energía nuclear y el precio de las otras fuentes de energía.



**Figura 25: Producción de energía por fuente. Fuente: Web de Nord Pool Group.**

Hay alrededor de 500 empresas de distribución en los países nórdicos y bálticos. El distribuidor es quien asegura que la energía llegue al usuario final. Nord Pool Market es una empresa registrada en Noruega y, por lo tanto, opera bajo las leyes y autoridades noruegas. Las autoridades definen niveles de ganancia máxima que aseguran que se mantengan precios estables y razonables. Esto es muy importante ya que cada distribuidor tiene un monopolio sobre un área geográfica determinada. Además, los ingresos de Nord Pool Market también están regulados por las autoridades.

A cada distribuidor se le otorga un permiso que le da el derecho y la obligación exclusivos de construir una red de distribución en un área geográfica determinada. Un distribuidor también puede tener el papel de un proveedor, pero está obligado a distribuir energía eléctrica de cualquier otro proveedor bajo los mismos términos.

Existe una alta competencia entre proveedores de energía dentro de cada país. Cada usuario final elige su proveedor preferido y elige entre diferentes contratos de energía (contrato de precio fijo, contrato de precio de mercado, y otros). En la actualidad, los usuarios finales no pueden elegir un proveedor de otro país.

Un “trader o broker” (intermediario) representa la entidad que posee la energía mientras se lleva a cabo el proceso de negociación. Por ejemplo, el “broker” puede comprar energía a un productor y venderla a un minorista, o el “broker” puede optar por comprar energía de un minorista y venderla a otro minorista. Hay muchas rutas desde el productor hasta el usuario final.

Los “borkers” desempeñan el mismo papel en el mercado de energía que los agentes inmobiliarios en el mercado inmobiliario. Un “borker” no posee propiamente dicha la energía, sino que actúa como intermediario. Un minorista puede, por ejemplo, pedirle al

“broker” que encuentre un productor que venda una determinada cantidad de energía en un momento determinado.

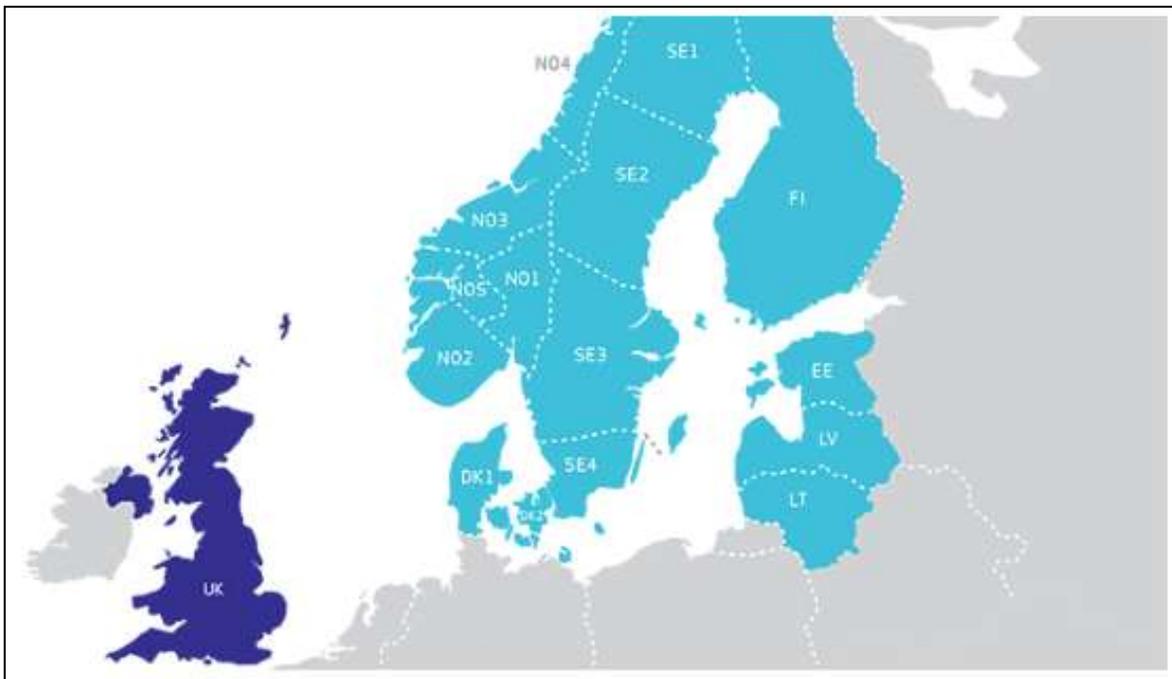
Además existen áreas de licitación y para explicarlo volveré a hacer hincapié sobre conceptos previamente explicados. Como ya mencioné anteriormente, el mercado diario es una subasta donde la energía se comercializa para la entrega a cada hora del día siguiente. Los mercados del Nord Pool Market están divididos en varias áreas de oferta o licitación. La capacidad de transmisión disponible puede variar y congestionar el flujo de energía entre las áreas de licitación, y por lo tanto se establecen diferentes precios de área.

Cuando todos los miembros han enviado sus pedidos, se establece un equilibrio entre las curvas agregadas de oferta y demanda para todas las áreas de oferta. El sistema y los precios de área se calculan y publican. El precio del sistema se calcula en función de las órdenes de compra y venta sin tener en cuenta la capacidad de transmisión disponible entre las áreas de licitación en el mercado nórdico. El precio del sistema es el precio de referencia nórdico para la negociación y compensación de la mayoría de los contratos financieros.

Para cada país nórdico, las autoridades locales deciden, en qué áreas de licitación está dividido el país. El número de áreas de licitación en Noruega puede variar, en la actualidad hay cinco áreas de ofertas. Dinamarca oriental y Dinamarca occidental siempre se tratan como dos áreas de licitación diferentes. Finlandia, Estonia, Lituania y Letonia constituyen una sola zona de ofertas cada una. Suecia se dividió en cuatro áreas de licitación desde fines del 2011.

Las diferentes áreas de licitación ayudan a indicar restricciones en los sistemas de transmisión y aseguran que las condiciones del mercado regional se reflejen en el precio. Debido a los cuellos de botella en el sistema de transmisión, las áreas de licitación pueden obtener precios diferentes llamados precios de área. Cuando hay limitaciones en la capacidad de transmisión entre dos áreas de licitación, la energía siempre irá del área de precio bajo al área de precio alto. Este principio es el más adecuado para este tipo de mercados: la mercancía debe moverse hacia la zona del alto precio donde la demanda de energía es la más alta.

Este sistema también asegura que a los miembros del mercado no se les asignan privilegios en ningún cuello de botella, que es una característica importante de un mercado liberal. El Nord Pool Market calcula un precio para cada área de oferta por cada hora del día siguiente.



**Figura 26: Áreas de licitación. Fuente: Web de Nord Pool Group.**

Finalmente, la aplicación móvil de Nord Pool hace que sea simple y fácil consultar los precios de la subasta del día siguiente.



Figura 27: Aplicación móvil de Nord Pool. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Principales medidas consideradas	Año de sanción	Detalle
Programa ForskEL	1998	Programa se financia a través de una PSO que todos los consumidores de electricidad pagan. El fin es desarrollar un sistema eléctrico de alta tecnología y sano para el medio ambiente
Nord Pool Market	2002	Mercado eléctrico de los países nórdicos
Smart Grid Network	2011	9 recomendaciones del Ministerio danés de Clima, Energía y Construcción
Denmark's National Energy Efficiency Action Plan	2012	Las distribuidoras deben asegurar un ahorro energético anual de un 2,6% en el 2013 y el 2014. Desde el 2015 al 2020 el ahorro anual debe ser de un 3%

Tabla 2: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso danés. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.1. China

El desarrollo de las redes inteligentes es prioritario en China tanto para el gobierno como para las grandes empresas. Sin embargo no existe una política uniforme y organizada sobre cuál es el plan. Su plan de desarrollo y fomento está diseminado por algunos de los planes estratégicos principales a nivel nacional. Ellos son:

- a) El 12° Plan Quinquenal de Ciencia y Tecnología Energética Nacional 2011-2015 (emitido el 5 de diciembre del 2012): el plan enumera las tecnologías necesarias para la integración de la energía intermitente a gran escala, el almacenamiento de energía y la inteligencia de la red eléctrica.
- b) El 12° Plan Quinquenal Especializado en la Industrialización de Ciencias Clave y Tecnologías de las Redes Inteligentes (emitido el 27 de marzo de 2012): este plan apunta exclusivamente al desarrollo de las redes inteligentes. Específicamente trata los siguientes puntos: (1) el avance y dominio de las tecnologías clave, tales como la integración a gran escala de la nueva energía intermitente a la red, el almacenamiento de energía, la distribución inteligente y la utilización de la electricidad, el despacho inteligente y el control de una red eléctrica masiva y equipos inteligentes; (2) la formación de un sistema de normas tecnológicas; (3) establecer una cadena industrial de redes inteligentes completas; y (4) la construcción de redes inteligentes interactivas para promover la transición de las redes eléctricas tradicionales a redes modernas más eficientes, económicas y limpias.  
Además señala 8 puntos tecnológicos clave: (1) la integración a gran escala de la nueva energía intermitente a la red; (2) tecnologías de red que apoyan el despliegue de vehículos eléctricos; (3) almacenamiento de energía; (4) operación inteligente y control de una red eléctrica masiva; (5) tecnologías y equipos de transmisión y transformación inteligentes; (6) tecnologías de información y comunicación para redes eléctricas; (7) tecnologías y equipos flexibles de transmisión y transformación de energía; y (8) proyectos piloto de redes inteligentes integrales
- c) El Plan General de la SGCC (Corporación Estatal de la Red Eléctrica de China) sobre Aplicación de Tecnologías Inteligentes a las Redes Eléctricas (emitido en marzo de 2010): la SGCC planea avanzar hacia una red inteligente fuerte en tres pasos. El primer paso fue dedicado a la planificación y las pruebas (2009-2010); el segundo paso fue construir de manera integral la red inteligente fuerte” (2011-2015); y la tercera está dedicada a mejorar la red inteligente (2016-2020) y completar la construcción de la red inteligente fuerte en China para 2020. La red de la SGCC será capaz de albergar más de 100GW de electricidad de viento y 20GW de generación fotovoltaica solar.

En todo lo previamente planteado, queda evidente que los lineamientos chinos apuntan a tener una red fuerte e inteligente: “On one hand, the plans require the expansion of the size of west-to-east (some also the north-to-south) power transmission facilities and the development of large-capacity, high efficiency, and long-distance power transmission technologies, namely the Ultra High Voltage transmission. On the other hand, the plans emphasize the need for construction of smart grids to improve the operation and supply

reliability of the power grid by utilizing advanced information, control, and energy storage technologies. As to the generation of renewable energy, the central government has expressed a clear preference that both centralized and distributed generation should be developed. It seems clear that strong and smart grid technology represents the future direction for power grid improvements in China.”<sup>28</sup>

Uno de los aspectos que ponen más presión al desarrollo de las redes inteligentes es el fuerte apoyo estatal que recibe el desarrollo de las energías renovables: “According to the Renewable Energy Law of the People’s Republic of China and Management Regulations for Electricity Generation from Renewable Energy, grid companies should grant full access to renewable energy generators. Generally speaking, grid companies are responsible for the construction and adaptation of the grid to facilitate access for renewable energy projects as well”<sup>29</sup>.

La ley de energías renovables obliga a las compañías eléctricas a comprar toda la electricidad generada a través de métodos renovables (siempre y cuando el emplazamiento renovable cumpla con ciertos requerimientos administrativos detallados en la ley).

Las compañías eléctricas son responsables de la construcción y operación de la interconexión para la integración de fuentes de energía renovables. Para los proyectos de gran escala (hidro, eólico, biomasa, etc.) debe garantizar una conexión con la transportadora. Para proyectos de menor escala deben garantizar una conexión con la distribuidora. Además, la ley en cuestión indica que las empresas eléctricas deben adaptar su sistema a fin de poder asegurar la inclusión eficiente a la energía proveniente de energías renovables. Para esto deben mejorar el gerenciamiento de la operación, desarrollar redes inteligentes y desarrollar la posibilidad de almacenar energía.

Para apoyar el desarrollo de energías renovables el gobierno chino impuso el mecanismo de feed-in-tariff. Por lo general el generar energía renovable es más costoso que usando las tradicionales fuentes no renovables. Por lo tanto, como mencioné antes, el gobierno obliga a las empresas eléctricas a comprar toda la energía que provenga de métodos renovables, pero compensa a las empresas eléctricas permitiéndoles cobrarles a los consumidores un monto extra, llamado feed-in-tariff. El feed-in-tariff compensa a la empresa eléctrica por estar comprando energía más costosa, y además por los costos extras en los que incurre al adaptar su red para incorporar energías renovables. De hecho, China tiene serios problemas por cortes en el suministro de energía renovables solares y eólicas. Por ejemplo, en el 2013 la energía solar tuvo recortes de suministro de hasta un 40% por fallas en la red.

Además, la NDRC (Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma) alienta a las empresas, empresas especializadas de servicios de energía y varios tipos de usuarios de electricidad, incluyendo a los particulares, a invertir, construir y operar proyectos de generación

---

<sup>28</sup> Smart Grid in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment

<sup>29</sup> Smart Grid in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment

distribuida. La NDRC también exige a los proyectos de generación distribuida de las licencias comerciales para la generación de energía.

El gobierno chino ofrece dos tipos de subsidios a la generación distribuida: uno otorga fondos para la construcción de proyectos de generación distribuida, el otro subsidia la electricidad generada por los proyectos. Solo se puede otorgar un tipo de subsidio para cada proyecto.

En cuanto a la generación distribuida fotovoltaica, toda la electricidad generada por el proyecto recibe un subsidio de RMB0.42 / Kwh (incluyendo impuestos) a los propietarios. Además, la generación distribuida fotovoltaica también está exenta de varios cargos y cuenta con el respaldo financiero del Banco de Desarrollo de China.<sup>30</sup>

El gobierno chino también apoya a través de fuertes políticas el desarrollo de los vehículos puramente eléctricos (por sobre los híbridos). Estas políticas fueron exitosas que pronto China se vio en el problema de no tener medios para cargar los vehículos. Es por eso que aportó ayuda financiera para construir terminales de carga para vehículos eléctricos.

Además gobierno chino fomenta el consumo de energía por demanda. Para apoyar esta iniciativa, el gobierno promueve la aplicación de precios diferenciales en momentos de pico de consumo y en momentos de bajo consumo, métodos de conservación de la energía (que no se consume), precios estacionales, etc.

El gobierno central también ha establecido un fondo especial para ofrecer recompensas a las ciudades piloto para el manejo de la demanda. El alcance de apoyo del fondo de incentivos incluye: (1) establecimiento de la plataforma de gestión del servicio de electricidad; (2) implementación de plantas de energía eficientes (3) promoción de la tecnología para mover las cargas de momentos pico a las cargas de momento valle y el desarrollo de la respuesta de la demanda de electricidad; y (4) entre otras cosas, la investigación científica relevante, la publicidad y la capacitación necesaria.

Además, para promover una tasa invertida (con tasas más altas para el uso sobre un nivel base) y el tiempo de uso de los precios (los precios pico y los valle son diferentes), el gobierno requiere que cada hogar tenga su propio medidor independiente. Esta política también impulsa la instalación de medidores inteligentes en China.<sup>31</sup> (5CH)

---

<sup>30</sup> Smart Grid in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment

<sup>31</sup> Smart Grid in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment

#### 4.4.1.1. Inversión Extranjera

Está claro que el apoyo al desarrollo es fuerte y que el desarrollo de la industria de la red eléctrica es controlada mayoritariamente por empresas estatales, por lo cual su desarrollo depende de los planes estatales. Sin embargo, desde que Xi Jinping<sup>32</sup> asumió la presidencia, la reforma eléctrica tiende a estar más abierta a dejarse guiar por los mecanismos del libre mercado. Y de esta forma se le ha otorgado mayores beneficios y posibilidades a la inversión extranjera.

Los Catálogos de Orientación Industrial de Inversión Extranjera emitidos por la NDRC y el Ministerio de Comercio indican si la inversión extranjera en una industria o servicio en particular es alentada, restringida o prohibida en China. Esto es lo que los catálogos indicaron en relación al desarrollo de redes inteligentes (es interesante ver algunos de los cambios que se dieron entre el catálogo del 2011 y del 2015):

- Construcción y operación de redes inteligentes:
  - Los catálogos del 2011 y del 2015 fomentan la construcción y operación de instalaciones de carga de vehículos eléctricos y de cambio de baterías
  - La inversión en la construcción y operación de redes eléctricas cayó dentro de la categoría restringida en el Catálogo 2011. Pero en el Catálogo del 2015 fue movido de “restringido” a “alentado” (siempre y cuando el estado chino sea accionista mayoritario)
- Fabricación y servicios relacionados con Smart Grids
  - En el Catálogo de 2011, se estimuló la inversión en la fabricación de equipos de transmisión y transformación de energía, pero debía estar en forma de empresas conjuntas de capital o contractuales, mientras que en el Catálogo de 2015 se ha levantado la limitación respecto a la forma de las empresas.

El creciente mercado de redes inteligentes en China ya ha atraído a muchas empresas extranjeras. ABB (China) y Guodian Nanjing Automation Co. Ltd. lanzaron un joint venture, Yangzhou SAC Switchgear Co. Ltd, para la manufactura de equipamiento relativo a redes inteligentes. Otras empresas conjuntas, como la asociación de Echelon con Holley Metering de China y eMeter y la asociación de Siemens con Wasion están haciendo incursiones en proyectos de medidores inteligentes chinos.

Además, existen varios incentivos para la inversión extranjera en industrias relacionadas con la red inteligente, como la exención de derechos de aduana, la reducción de

---

<sup>32</sup>Es el secretario general del Comité Central del Partido Comunista de China, presidente de la Comisión Militar Central y, desde el 14 de marzo de 2013, presidente de la República Popular China

impuestos y el apoyo de proyectos de desarrollo científico nacional y proyectos de cultivo de capacidad de innovación. Esto es así siempre y cuando el sector a desarrollar esté incluido en las prioridades de los planes estatales.

Principales medidas consideradas	Año de sanción	Detalle
12º Plan Quinquenal de Ciencia y Tecnología Energética Nacional 2011-2015	2012	Enumera las tecnologías para la integración de la energía intermitente a gran escala, el almacenamiento de energía y la inteligencia de la red eléctrica
12º Plan Quinquenal Especializado en la Industrialización de Ciencias Clave y Tecnologías de las Redes Inteligentes	2012	Apunta exclusivamente al desarrollo de las redes inteligentes
El Plan General de la SGCC sobre Aplicación de Tecnologías Inteligentes a las Redes Eléctricas	2010	Pasos hacia una red inteligente fuerte
Catálogos de Orientación Industrial de Inversión Extranjera	2011 al 2015	Indican si la inversión extranjera en una industria o servicio en particular es alentada, restringida o prohibida en China

**Tabla 3: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso chino. Fuente: elaboración propia.**

#### 4.4.2. Brasil

Estos son los sucesos más significativos de la historia regulatoria brasilera en relación a los temas de estudio según, entre otras fuentes, el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2030 emitido por el Ministerio de Minas y Energía. Lo principal y más interesante es notar que desde 1981 se vienen promoviendo medidas tendientes a eficientizar el uso de la energía y a fomentar las fuentes de energía autóctonas (entre ellas las renovables):

- En 1981, por medio de la ordenanza MIC / GM46, se creó el Programa CONSERVE para promover la conservación de energía en la industria, el desarrollo de productos y procesos energéticamente más eficientes, y el estímulo a la sustitución de energéticos importados por fuentes alternativas autóctonas.
- El 2 de abril de 1982, el decreto 87.079 aprobó las directrices para el Programa de Movilización Energética (PME), un conjunto de acciones dirigidas a la conservación de energía y la sustitución de derivados de petróleo. La PME fue instituida con el

objetivo de racionalizar la utilización de la energía, disminuyendo el consumo de los insumos energéticos y sustituyendo progresivamente los derivados del petróleo por combustibles alternativos nacionales. La conservación de la energía fue una de las prioridades del programa.

- En 1984, el Inmetro - Instituto Brasileño de Metrología, Normalización y Calidad, órgano vinculado al Ministerio de Industria y Comercio Exterior, implementó el Programa de Conservación de Energía Eléctrica en Electrodomésticos, teniendo como objetivo promover la reducción del consumo de energía en equipos como refrigeradores, congeladores, y aires acondicionados domésticos. En 1992, este programa fue renombrado, y a partir de entonces denominado Programa Brasileño de etiquetado, siendo preservadas sus atribuciones iniciales, a las cuales se agregaron los requisitos de seguridad y el establecimiento de pautas para la definición de índices mínimos de eficiencia energética.
- En diciembre de 1985, por medio de la ordenanza Interministerial 1.877, de los Ministerios de Minas y Energía y de la Industria y Comercio Exterior, se instituyó el PROCEL - Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica. Su fin es promover el uso eficiente de la energía eléctrica y sus desperdicios. Las medidas del PROCEL contribuyen a aumentar la eficacia de los bienes y servicios, y al desarrollo de hábitos para el consumo eficiente de la energía.

Según los datos publicados en la web de PROCEL, en el período de 1986 a 2016, el programa generó un ahorro de un total de 107 billones de kWh. Los ahorros energéticos más recientes pueden observarse en el siguiente gráfico.



Figura 28: Ahorros del programa PROCEL. Fuente: PROCEL.

- En São Paulo, la “Federação das Indústrias do Estado de São Paulo” (FIESP) y Eletrobrás, a través del PROCEL, firmaron un convenio con el objetivo de sensibilizar a las industrias paulistas a implantar medidas de reducción de consumo de energía eléctrica, estimulando la competitividad y el desarrollo tecnológico de la industria de la eficiencia energética, y consolidando de esta forma su posición en el mercado.
- En 1990, por medio del decreto 99.656, el Gobierno Federal crea la CICE -Comisión Interna de Conservación de Energía-, donde obliga a cada establecimiento perteneciente a la Administración Federal directa o indirectamente, fundaciones, empresas públicas y sociedades de economía mixta a que presenten un consumo anual de energía eléctrica si es que el mismo fue superior a 600.000 kWh o el consumo anual de combustible superior a 15 Tep (toneladas equivalentes de petróleo), señalando un intento de reducir el desperdicio de energía en el sector público. A la CICE le corresponde la elaboración, implantación y el seguimiento de las metas del Programa de Conservación de Energía, y la divulgación de sus resultados en las dependencias de cada establecimiento.
- El 18 de julio de 1991, por decreto federal, se instituyó el CONPET (Programa Nacional de la Racionalización del Uso de los Derivados del Petróleo y del Gas Natural). Junto a este programa se revisaron las competencias del PROCEL. Ambos programas tienen como finalidad desarrollar e integrar acciones que apunten a la racionalización del uso de la energía. Se determina que las acciones del programa serán supervisadas por el Grupo Coordinador del CONPET, a ser integrado por representantes de diversos ministerios y confederaciones de la industria y del comercio; y las acciones del PROCEL serán supervisadas por el Grupo Coordinador de Conservación de Energía Eléctrica, de composición similar a la del GCC. Por el Decreto, correspondió a Petrobras proporcionar recursos técnicos, administrativos y financieros al Programa.
- El 8 de diciembre de 1993, por medio de decreto federal, se instituyó el Premio Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía, destinado al reconocimiento de las contribuciones en favor de la conservación y el uso racional de la energía en el país. El decreto determinó que el premio sería conferido anualmente en las siguientes categorías: órganos y empresas de la administración pública, empresas del sector energético, industrias, empresas comerciales y de servicios, micro y pequeñas empresas, edificaciones, transporte y prensa. En esta misma fecha, otro decreto instituyó el Sello Verde de Eficiencia Energética, con el objetivo de identificar los equipos que presenten niveles óptimos de eficiencia en el consumo de energía.

- El 26 de diciembre de 1996 la ley 9.427 crea la Agencia Nacional de Energía Eléctrica, (ANEEL) cuyo reglamento fue definido por el decreto 2.335, del 6 de octubre de 1997. El Decreto establece las directrices de la ANEEL como regulador energético de Brasil, sus atribuciones y estructura básica.
- El 6 de agosto de 1997 se promulga la ley 9.478 (Ley del Petróleo), que dispone sobre la política energética nacional y crea la ANP (Agencia Nacional de Petróleo). Esta ley determina que uno de los principios y objetivos de la política energética nacional son las políticas nacionales para el aprovechamiento racional de las fuentes de energía, buscando, entre otros objetivos, el proteger el medio ambiente y promover la conservación de energía. La referida ley también determina que corresponde a la ANP hacer cumplir las buenas prácticas de conservación y uso racional del petróleo y del gas natural y de la preservación del medio ambiente.
- PEE (2000) Programa de Eficiencia Energética: Es un programa de eficiencia energética obligatorio para distribuidoras de energía eléctrica y coordinado por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL). Obliga a las distribuidoras de energía eléctrica a invertir anualmente por lo menos un 0.5% de sus rendimientos líquidos en acciones de eficiencia energética.
- El 24 de julio del 2000 se promulga la ley 9.991, que dispone sobre la realización de inversiones en investigación y desarrollo y en eficiencia energética por parte de las empresas concesionarias, permisionarias y autorizadas del sector de energía eléctrica.
- El 17 de octubre de 2001 se promulga la ley 10.295, también conocida como Ley de la Eficiencia Energética. Esta ley corresponde al principal marco regulatorio de la materia en Brasil. La referida ley dispone sobre la política nacional de conservación y uso racional de la energía, buscando la asignación eficiente de los recursos energéticos y también la preservación del medio ambiente. Por determinación de la Ley de Eficiencia Energética, corresponde al Poder Ejecutivo establecer los niveles máximos de consumo específico de energía o mínimos de eficiencia energética de máquinas y aparatos consumidores de energía fabricados o comercializados en el país, con base en indicadores técnicos pertinentes, que consideren la vida útil de los equipos. La ley 10.295 también establece que un año después de la publicación de los niveles de eficiencia energética se establecerá un programa de metas para su progresiva evolución y obliga a los fabricantes e importadores de los aparatos a adoptar las medidas necesarias para que se obedezcan los niveles máximos de consumo de energía y mínimos de eficiencia energética, de acuerdo a la reglamentación establecida para cada tipo de máquina o aparato. Los importadores también deben respetar los niveles establecidos durante el proceso de importación. Al

Poder Ejecutivo también cabe desarrollar mecanismos para la promoción de la eficiencia energética en las edificaciones construidas en el país.

- El decreto 4.059, del 19 de diciembre de 2001, regula la Ley de Eficiencia Energética, determinando los procedimientos para el establecimiento de los indicadores y de los niveles de eficiencia energética. El decreto instituye el Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética (CGIEE), compuesto por representantes de los siguientes órganos y entidades:

- Ministerio de Minas y Energía (que preside el Comité);
- Ministerio de Ciencia y Tecnología;
- Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior;
- Agencia Nacional de Energía Eléctrica - ANEEL;
- Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y de los Biocombustibles;
- Un representante de una universidad brasileña, especialista en materia de energía;
- Un ciudadano brasileño, especialista en materia de energía.

Además, establece que los representantes se eligen para mandatos de dos años y que pueden ser renovados por igual período.

De acuerdo con el Decreto 4.059, artículo 3, Compete al CGIEE:

- Elaborar un plan de trabajo y un cronograma para implementar la aplicación de la Ley de Eficiencia Energética;
- Elaborar la reglamentación específica para cada tipo de aparato y máquina consumidora de energía;
- Establecer un programa de metas que indiquen los niveles de evolución a ser alcanzados para cada equipo regulado;
- Constituir Comités Técnicos para analizar y opinar sobre materias específicas bajo orientación del CGIEE, incluso con la participación de representantes de la sociedad civil;
- Acompañar y evaluar sistemáticamente el proceso de reglamentación y proponer el plan de fiscalización; y
- Deliberar sobre las proposiciones del Grupo Técnico para la eficientización de energía en edificaciones.

Finalmente indica que la ANEEL, ANP, Inmetro y las Secretarías Ejecutivas del PROCEL y CONPET debe proveer apoyo técnico al CGIEE y a los Comités Técnicos constituidos.

- En el 2002 se creó programa PROFINA para fomentar el desarrollo de la energía eólica, la biomasa y la pequeña hidro. Ha funcionado bien principalmente para la energía eólica ya que incentivó a aumentar su capacidad instalada de los 22MW en 2002 a la actual de más de 10GW.

Este programa de a poco fue trayendo resultados tal como comenta Gustavo Gil en su Tesis de Maestría publicada en marzo del 2016: “El programa PROINFA, instrumentado bajo la ley 10.438 del 2002, previó la incorporación de fuentes renovables a la red eléctrica en etapas: en el año 2002 se fijó un porcentaje mínimo de 6% de la generación que debía provenir de estas fuentes para el año 2006. Este porcentaje debería llegar al 10% luego de 20 años. La compra de la energía estaba garantizada en condiciones convenientes por 15 años y se otorgaban beneficios para el financiamiento de los proyectos. Un requisito que se esperaba tuviera gran impacto productivo era el requerimiento de componente local. Se estableció para ello un piso del 60% del costo total del proyecto, lo cual significó un freno para el ingreso de muchos oferentes.

Las metas establecidas por el PROINFA resultaron ser muy ambiciosas y estas no se cumplieron en los plazos de tiempo establecidos. Sin embargo, el programa está dando sus frutos y la primera meta de 3300 MW está muy cerca de ser alcanzada.

El alto costo de inversión y riesgos en este tipo de proyectos, resalta la necesidad de establecer mecanismos de financiamiento y acuerdos por los cuales se pueda garantizar la compra de la energía por un periodo prolongado y a un precio acordado. Un punto importante a destacar es el énfasis que se le da a los programas para la inclusión de un componente nacional en el desarrollo de proyectos.”

- El Programa de “Apoio a Projetos de Eficiência Energética” (PROESCO), creado en el 2007, es una línea de crédito destinada a apoyar los proyectos de eficiencia energética. Apunta a las Empresas de Servicios de Conservación de Energía - ESCOS (Energy Service Company)-, usuarios finales de energía y empresas de generación, transmisión y distribución de energía. Son proyectos que contribuyen a la economía de la energía, que aumentan la eficiencia global del sistema energético, o que promueven la sustitución de combustibles fósiles por los procedentes de fuentes renovables. Entre los focos de acción posibles, se destacan:
  - Generación, transmisión y distribución de energía;
  - Gestión de energía automatizada;
  - Calidad de la energía y corrección de factor de potencia;
  - Reducción de la demanda en el horario de punta del consumo del sistema eléctrico.

La línea de financiamiento a proyectos del PROESCO opera en tres modalidades:

1. Operación directa con el BNDES (Banco Nacional del Desarrollo Económico y Social): proyectos con riesgo total del BNDES;
2. Operación Indirecta: donde la institución financiera acreditada asume íntegramente el valor financiado y los riesgos de crédito; y
3. Operación en la modalidad de Riesgo Compartido entre el BNDES y las instituciones financieras acreditadas.

A continuación se muestran las operaciones del Proesco hasta noviembre del 2009, según las diversas modalidades de financiamiento:

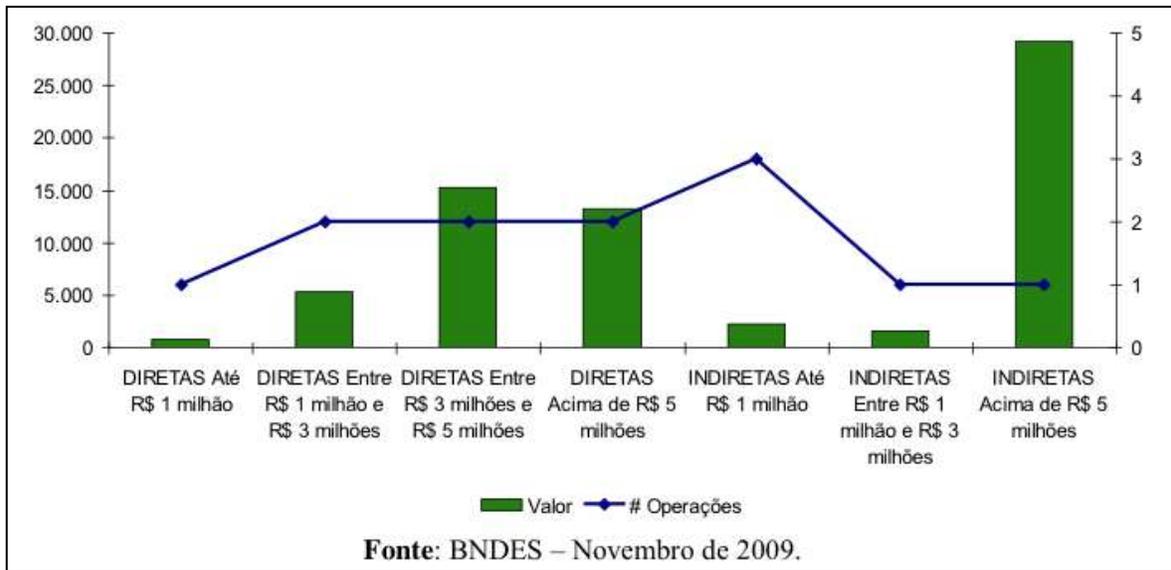


Figura 29: Operaciones Proesco. Fuente: BNDES.

Los siguientes son los problemas identificados en la implementación del PROESCO. Son muy interesantes ya que los mismos problemas suelen aparecer en otros países al comenzar a implementar este tipo de programas.

1. Dificultad y morosidad en el proceso de análisis y aprobación de los proyectos;
  2. Poco entendimiento / resistencia de los agentes financieros acreditados (bancos), comprometiendo su difusión;
  3. El Contrato de Desempeño<sup>33</sup> es un concepto nuevo en Brasil, generando desconfianza por parte de los posibles clientes, sobre todo por parte de las grandes empresas;
  4. Pocas ESCOS poseen porte y respaldo financiero para acceder a recursos elevados;
  5. Hay poca divulgación y difusión de esta línea de crédito.
- El “PROJETO ESTRATÉGICO DE P&D - PROGRAMA BRASILEIRO DE REDES INTELIGENTES Chamada ANEEL nº 011/2010”, de julio de 2010, que es dirigido por la CEMIG y apoyado por 36 empresas de distribución y generación eléctrica. El objetivo del mismo es la elaboración de una propuesta para el Plan Brasileño de Redes Inteligentes con el fin de realizar la migración tecnológica del sector eléctrico brasileño del estadio actual, para la adopción plena del concepto de redes inteligentes en todo el país, conteniendo:
    - Definición de las funcionalidades y de los requisitos asociados al concepto diseñado para el desarrollo de Brasil;
    - Definición y estandarización de las tecnologías y metodologías a ser adoptadas;

<sup>33</sup> Instrumento legal que especifica las condiciones para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, de manera tal que las inversiones realizadas puedan recuperarse a través de los ahorros económicos generados

- Definición de las políticas públicas de I & D, Industrial y de Financiamiento; asociadas a esta migración, incluyendo el desarrollo de la cadena de equipamientos y servicios y estableciendo direccionamiento o líneas tecnológicas a seguir;
- Adecuación de la legislación y reglamentación necesarias para la adopción plena del concepto;
- Recomendación de acciones para solucionar las deficiencias de la actual estructura, bajo los aspectos técnico, tecnológico, regulatorio y de la cadena de suministro, que deberán ser tratadas como premisas para la adopción del concepto de redes inteligentes.
- Elaboración del “Programa Brasileño para implantación de Redes Inteligentes”;
- Elaboración del “Programa de Capacitación de Mano de Obra para el Sector Eléctrico brasileño”; en todos los niveles (básico, medio y superior);
- Participación de diversos actores del Sector Público y Privado.

Estos son los proyectos, segmentados por estado y especificando a que ciudades afecta y la distribuidora responsable, en los que se trabajó y está trabajando en base a esta iniciativa. Cada uno tiene diferentes alcances y metas, pero no voy a entrar en el detalle de cada uno en este trabajo:

- Minas Gerais/Cidade de Sete Lagoas: Cidades do Futuro (Cemig)
- Rio de Janeiro/Cidade de Búzios: Cidade Inteligente Búzios (Ampla/Endesa Brasil)
- Rio de Janeiro/Cidade do Rio de Janeiro: Smart Grid Light (Light)
- Amazonas/Cidade de Parintins: Parintins (Eletrobras Amazonas Energia)
- São Paulo/Barueri e outras localidades: Smart Grid (AES Eletropaulo)
- São Paulo/Aparecida: InovCity (EDP Bandeirante)
- Ceará/Cidade de Fortaleza: Cidade Inteligente Aquiraz (Coelce/Endesa)
- Paraná/Curitiba: Paraná Smart Grid (Copel)
- Pernambuco/Ilha de Fernando de Noronha: Arquipélago de Fernando de Noronha (CELPE)

<b>Principales medidas consideradas</b>	<b>Año de sanción</b>	<b>Detalle</b>
Programa CONSERVE	1981	Promover la conservación de energía en la industria, el desarrollo de productos y procesos energéticamente más eficientes, y el estímulo a la sustitución de energéticos importados por fuentes alternativas autóctonas
Programa de Movilización Energética	1982	Conjunto de acciones dirigidas a la conservación de energía y la sustitución de derivados de petróleo
Programa de Conservación de Energía Eléctrica en Electrodomésticos	1984	Promover la reducción del consumo de energía en equipos como refrigeradores, congeladores, y aires acondicionados domésticos

PROCEL	1985	Promover el uso eficiente de la energía eléctrica y sus desperdicios
Decreto 99.656 (CICE)	1990	Obliga a cada establecimiento perteneciente a la Administración Federal directa o indirectamente, fundaciones, empresas públicas y sociedades de economía mixta a que presenten un consumo anual de energía eléctrica si es que el mismo fue superior a 600.000 kWh o el consumo anual de combustible superior a 15 Tep
CONPET	1991	Desarrollar e integrar acciones que apunten a la racionalización del uso de la energía
Premio Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía	1993	Premio destinado al reconocimiento de las contribuciones en favor de la conservación y el uso racional de la energía en el país
Ley 9.427 (crea ANEEL)	1996	ANEEL como regulador energético de Brasil
Ley del Petróleo	1997	Determina que uno de los principios y objetivos de la política energética nacional son las políticas nacionales para el aprovechamiento racional de las fuentes de energía, buscando, entre otros objetivos, el proteger el medio ambiente y promover la conservación de energía
PEE	2000	Programa de eficiencia energética obligatorio para distribuidoras de energía eléctrica
Ley 9.991	2000	Dispone sobre la realización de inversiones en investigación y desarrollo y en eficiencia energética
Ley de la Eficiencia Energética	2001	Dispone sobre la política nacional de conservación y uso racional de la energía
Decreto 4.059	2001	Regula la Ley de Eficiencia Energética, determinando los procedimientos para el establecimiento de los indicadores y de los niveles de eficiencia energética
Programa PROFINA	2002	Su fin es fomentar el desarrollo de la energía eólica, la biomasa y la pequeña hidro
PROESCO	2007	Línea de crédito destinada a apoyar los proyectos de eficiencia energética
Proyecto Estratégico de P&D	2010	El objetivo es la elaboración de una propuesta para el Plan Brasileño de Redes Inteligentes con el fin de realizar la migración tecnológica del sector eléctrico brasileño del estadio actual, para la adopción plena del concepto de redes inteligentes en todo el país

**Tabla 4: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso brasileiro. Fuente: elaboración propia.**

### 4.4.3. Argentina

Estos son algunos de los pasos más importantes que se dieron en la Argentina a nivel marco regulatorio. En su mayoría están directamente relacionadas con el desarrollo de las energías renovables, e indirectamente con el desarrollo de redes inteligentes (necesarias para el buen desarrollo de las energías no convencionales). Todo indica que las reglamentaciones en torno a las redes inteligentes cobrarán más interés luego de que el escenario con energías renovables en aumento se naturalice y el mismo mercado requiera de las redes inteligentes para funcionar eficientemente con las nuevas incorporaciones de recursos renovables. Lo que planteo coincide con el informe preparado por Fraunhofer Chile en 2014, el cual concluye que “es posible establecer que las principales barreras que aparecen en los proyectos pilotos de Smart Grids no son técnicas, sino que se relacionan con asuntos de políticas públicas, sociales o regulatorias. Importante destacar que la falta de claridad respecto de poder contar con modelos de negocios concretos y sustentables, que conformen un entorno de rentabilidad adecuado para los diversos actores involucrados, es también un factor que ha incidido en el desarrollo de Smart Grids. Si bien hay consenso en cuanto a que es un elemento tecnológico clave, que debe ser implementado en las redes eléctricas dadas las diversas condiciones de mercado, ambientales, de incorporación de energías renovables, etc., aun no se configuran modelos de negocio que combinen adecuadamente roles, participantes, costos, incentivos, fuentes de financiamiento, intereses del Estado y de los reguladores, entre los muchos actores involucrados.”

Estas son las principales disposiciones legales referidas al tema:

- El Decreto 2247/85, con una duración de cinco años durante el período 1985-1989, el cual asignaba recursos económicos específicos para la promoción de las actividades de energías renovables y UREE, siendo la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía (NCyNFE) la responsable de su desarrollo. El “Programa de Uso Racional de la Energía” tenía como subprograma:
  - Conservación de Energía;
  - Sustitución de Combustibles;
  - Evaluación, Desarrollo y Aplicación de Nuevas Fuentes de Energía;
  - Régimen de Financiamiento.<sup>34</sup>
- La Subsecretaría de Energía Eléctrica dependiente de la Secretaría de Energía y Minería de la Nación puso en marcha en 1994 un programa que fue denominado Programa de Abastecimiento Eléctrico a la Población Rural Dispersa de Argentina (PAEPRA). La Secretaría de Energía obtuvo un préstamo de 30 millones de dólares del Banco Mundial para la financiación parcial del programa y una donación de 10 millones de dólares del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF). El cumplimiento de todos los requisitos exigidos por el Banco Mundial, el GEF y las leyes argentinas tuvo lugar en octubre de 1999 y, a partir de ese momento, el PERMER quedó en condiciones de iniciar su implementación.

---

<sup>34</sup> [www.energiaestrategica.com/fueron-las-politicas-nacionales-energias-renovables-los-ultimos-40-ano](http://www.energiaestrategica.com/fueron-las-politicas-nacionales-energias-renovables-los-ultimos-40-ano)

El proyecto de alto contenido social, tuvo como objetivos atender al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales dispersas, fundamentalmente a través de energías renovables. En el año 2015 el Banco Mundial otorgó un nuevo subsidio para una segunda etapa, el PERMER II, que sigue en operación actualmente, siendo uno de los programas con mayor continuidad.

- En 1998 se sanciona la ley 25.019, denominada “Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar”, declarando de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional. Además, establece incentivos impositivos a toda actividad de generación que estuviera destinada a la prestación de servicios públicos.

- En el 2006 el Congreso sancionó la ley 26.190 (reglamentada por el decreto 562/2009) cuyo objeto es definir un Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables en la producción de energía eléctrica. También establece como objetivo alcanzar en el plazo de 10 años una contribución de las fuentes de energías renovables del 8% del consumo de energía eléctrica nacional<sup>35</sup>.

- A través de la resolución 712 de octubre de 2009 de la Secretaría de Energía del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios se habilitó la realización de contratos de abastecimiento MEM (Mercado Eléctrico Mayorista) a partir de fuentes renovables, permitiendo su suscripción entre CAMMESA, en representación del MEM, y Enersía Argentina S.A. (ENARSA), sentando un antecedente normativo en la contratación por parte del mercado de energía eléctrica de origen renovable.

- En el año 2009 se realizó una Licitación Pública Nacional e Internacional (programa GENREN) para la generación de electricidad con energías renovables en centrales de potencia conectadas a la red. El programa fue anunciado por la Secretaría de Energía de la Nación e implementado a través de ENARSA. Del total de 895 MW adjudicados, se concretaron 139 MW (131 eólico, 7 FV, 1 PAH), debido fundamentalmente a problemas de financiación de las instalaciones.

- Resolución SE 108/2011: ante la necesidad de ampliar la resolución 719, se expande la oferta de generación con energías alternativas y se habilita a contratar generación adicional a partir de fuentes renovables a todos los Agentes del MEM (que reúnan ciertas características).

- FITS 2013 Energía - Uso racional y eficiente de la energía: La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo Argentino

---

<sup>35</sup> Evidentemente esto no se cumplió ni se estuvo cerca de lograrlo.

Sectorial (FONARSEC), y según lo establecido por Resolución del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva N° 492/2013, convoca a consorcios público-privados para la presentación de proyectos innovadores destinados a: (a) al desarrollo de equipos y sistemas integrados para incrementar la eficiencia energética en los procesos industriales; (b) al desarrollo de sistemas de redes inteligentes de transmisión y distribución de electricidad, con interconexión de generación con fuentes renovables de energía, y/o mejoramiento de la eficiencia de las redes eléctricas existentes; (c) al desarrollo de envolventes y de sistemas de controles inteligentes para edificaciones energéticamente sustentables.

- La ley 27.191 del 2015, modifica la ley 26.190 y establece como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2017<sup>36</sup>, y para el año 2025 impone alcanzar el 20 %.

- En el 2017, a través de la Resolución 281, el Ministerio de Energía y Minería reglamentó las condiciones del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable para que Grandes Usuarios puedan comprar energía limpia a generadores privados. Un informe realizado entre el Ministerio de Energía y la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (Cammesa) refleja que hasta el 30 de noviembre del 2017 un total de 38 propuestas de inversión se presentaron para apostar a la venta de energía a través de contratos a término con grandes usuarios. En total, suman 2150 MW de potencia, tres veces más que la capacidad de transporte disponible.<sup>37 38</sup>

---

<sup>36</sup> No se logró.

<sup>37</sup> <https://www.energiaynegocios.com.ar/2017/08/la-regulacion-del-mercado-a-termino-de-energia-electrica-de-fuentes-renovables>

<sup>38</sup> [www.energiaestrategica.com/mercado-termino-estos-los-38-proyectos-solicitaron-acceso-red-comercializar-energia-renovable](http://www.energiaestrategica.com/mercado-termino-estos-los-38-proyectos-solicitaron-acceso-red-comercializar-energia-renovable)

Principales medidas consideradas	Año de sanción	Detalle
Decreto 2247/85	1985	Asignaba recursos económicos específicos para la promoción de las actividades de energías renovables y UREE
PAEPRA	1994	El objetivo era atender al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales dispersas, fundamentalmente a través de energías renovables
Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar	1998	Declara de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional
Ley 26.190	2006	Establece como objetivo alcanzar en el plazo de 10 años una contribución de las fuentes de energías renovables del 8% del consumo de energía eléctrica nacional
Resolución 712	2009	Se habilitó la realización de contratos de abastecimiento MEM a partir de fuentes renovables
GENREN	2009	Licitación Pública Nacional e Internacional para la generación de electricidad con energías renovables en centrales de potencia conectadas a la red
Resolución SE 108/2011	2011	Ante la necesidad de ampliar la resolución 719, se expande la oferta de generación con energías alternativas y se habilita a contratar generación adicional a partir de fuentes renovables a todos los Agentes del MEM

**Tabla 5: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso argentino. Fuente: elaboración propia.**

Estas son las leyes provinciales más importantes que se sancionaron:

- Provincia de Mendoza. Ley Provincial N° 7.822 de 2008. Se impone una meta respecto del consumo eléctrico, por lo cual en 15 años las ER deben participar en un 15%. Se exime de impuestos provinciales.
- Provincia del Neuquén. Ley Provincial N° 2.596. Se adhiere a la Ley Nacional y establece una remuneración de 3 ARS/MWh por el plazo de 15 años.
- Provincia del Chubut. Ley Provincial N° 4.389 de 2008. Exime del gravamen impositivo provincial por un plazo de 10 años. Remunera con 5 ARS/MWh, sistemas eólicos para generadores instalados o a instalarse con un cronograma definido para componentes fabricados o ensamblados en la Provincia. Otorga asimismo estabilidad fiscal por el término de 10 años
- Provincia de Santa Fe. Ley Provincial N° 12.503 de 2005. Diseña un Plan Energético-Ambiental.
- Provincia de Buenos Aires. Ley Provincial 12.603. Se exime del pago del impuesto inmobiliario a proyectos renovables por un plazo de 10 años. Otorga 10 ARS/MWh, provenientes del Fondo Subsidiario para Compensación Regionales de Tarifas de

Usuarios Finales y promueve a través del Banco Provincial líneas de créditos.

- Provincia de Misiones. Ley Provincial N° 4.439 de 2008. Instituye el Régimen de Promoción de Aprovechamiento, Producción, Investigación, Procesamiento y Uso Sustentable de energías renovables. Además, crea un Fondo Fiduciario para la promoción de ER, Biocombustibles e Hidrógeno.
- Provincia de San Luí. Se presentó a la legislatura provincial un Proyecto de Ley mediante el cual crea el Consejo Interministerial de las ER y se exime de impuestos provinciales a la actividad por un plazo de 15 años.
- Provincia de Santa Cruz. Ley Provincial N° 2.279. Exime del pago del impuesto inmobiliario y todo gravamen impositivo provincial por el término de 10 años a la fabricación de equipamiento mecánico, eléctrico, electrónico, electromecánico o metalúrgico con destino a la fabricación de equipos para el uso de energías renovable. Además, tienen derecho a percibir un subsidio variable de entre 10 y 30 ARS/MWh y otorga estabilidad fiscal por un plazo de 10 años.
- Provincia de Córdoba. Ley Provincial 8.810. Declara de interés la generación de ER y fomenta su desarrollo. Las inversiones en generación de ER, tendrá exención impositiva (alícuota cero) en el Impuesto a los Ingresos Brutos por el término de diez años y estabilidad fiscal por igual término.

Y a continuación listo lo más destacable a nivel municipal:

- Municipalidad de Rosario, provincia de Santa Fe. Ha sido presentada la Ordenanza Municipal de Aprovechamiento de Energía Solar para la Producción de Agua Caliente.
- Municipalidad de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe. Ordenanza 3633/08. Declara de Interés Municipal la Investigación, Desarrollo, Producción y uso de Productos por ER.
- Municipalidad de Bragado, provincia de Buenos Aires. Promulgó una ordenanza Municipal con el fin de incentivar la energía solar térmica, con el fin de producción de agua caliente sanitaria.
- La Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ha presentado un proyecto de ley que establece la incorporación obligatoria de sistemas de Captación de Energía Solar Activa para la producción de agua caliente sanitaria, en los edificios y construcciones situados en su territorio.

#### **4.5. El Consumidor**

Una de las conclusiones principales a las que llegaré es a que inevitablemente el concepto de consumidor pronto desaparecerá para transformarse en el de prosumidor. Lo planteado en las estrategias energéticas de los 4 países en estudio apunta a ello. Sin embargo, en algunos casos se está muy lejos de que el porcentaje de prosumidores sea significativo.

En algunos casos se busca incentivar agresivamente la generación distribuida y la generación por particulares (Dinamarca). Y por el otro lado, en otros se hace fuerte hincapié en una primera instancia en la tecnologización de las distribuidoras y de los mismos actores del mercado ya existente (China). Y estos últimos, no plantean firmemente el cambio de

paradigma que el concepto del prosumidor implica, dejando a la generación distribuida y por particulares en un segundo grado de importancia.

Es evidente que el punto crucial a analizar es el rol del usuario activo y responsable. Activo porque puede pasar a decidir cómo, cuándo y bajo qué condiciones consumir o incluso vender energía. Y responsable ya que la correcta administración de esa energía y los impactos que de ello se deriva ya pasan a ser un asunto de orden social público, y ya no un asunto de las empresas involucradas en el sector energético. Esto está directamente relacionado con la cultura energética de la población.

Tal como indican en el seminario sobre RRII patrocinado por ABB que se dio en septiembre 2012 en Bs As, “The objective of the electricity service is provide consumer with safe, reliable electricity on demand. Consumers should be free to use electricity whenever they like. It must be the grid that accommodates the consumer”.

Con las redes inteligentes se abre el camino a un revolucionador cambio de paradigma en donde el usuario final deja de ser el consumidor final, para pasar a ser el “nuevo usuario activo”. Es fundamental tener en claro que existe una clara tendencia a imponer la figura del “nuevo usuario activo” en la cadena de valor de la energía.

Al pensar en el consumidor, y sobre todo al intentar comparar la situación de los consumidores de diferentes países, debemos considerar, entre otras cosas:

- Su actitud general frente a las redes inteligentes
- La elegibilidad que las redes inteligentes le aportan o no al consumidor
- Visión/imagen del consumidor frente a la gobernanza del estado
- El beneficio de “pagar solo por lo que uso”
- El “acceso al negocio para pequeños jugadores (prosumidores)”

#### **4.5.1. Dinamarca**

La política energética danesa que llega a la actualidad, llamémosla “*Smart*”, tiene sus orígenes en una crisis internacional. La crisis del petróleo que tuvo lugar en 1973 fue un duro golpe para el país. Los daneses, que vivieron aquella crisis, recuerdan cómo se impuso un racionamiento del petróleo para la utilización de la calefacción en las casas y en las empresas. Las preocupaciones causadas por el frío del invierno que se les venía encima quedaron grabadas en las mentes de los daneses. Hasta entonces el país había gastado energía sin preocuparse por su procedencia. Pero con una dependencia de importaciones de más del 90% de la energía ya no podía permitirse seguir así. Fue esa dependencia energética y la cuestión de la seguridad del suministro lo que impulsó un cambio radical y consensuado de las políticas energéticas de Dinamarca. Fue un proceso que se desarrolló a lo largo de las décadas que siguieron a la crisis del 73 y que, por ahora, ha culminado con el objetivo de llegar a ser independientes de los combustibles fósiles en 2050.

Desde entonces Dinamarca tiene una clara meta energética apuntada a ser una sociedad 100% basada en energías renovables. Los daneses saben que cada euro gastado en importar petróleo es un euro que sale del país, en cambio cada euro invertido en energías renovables y soluciones de eficiencia energética será reinvertida en fomentar el crecimiento, la innovación y la creación de trabajo en la propia sociedad.

La reacción danesa a la crisis de 1973 se ve reflejada en el siguiente gráfico desarrollado por la Agencia Internacional de Energía. Aprovecho el mismo gráfico para mostrar el % de autosuficiencia energética tanto de Dinamarca como de los otros países en estudio:

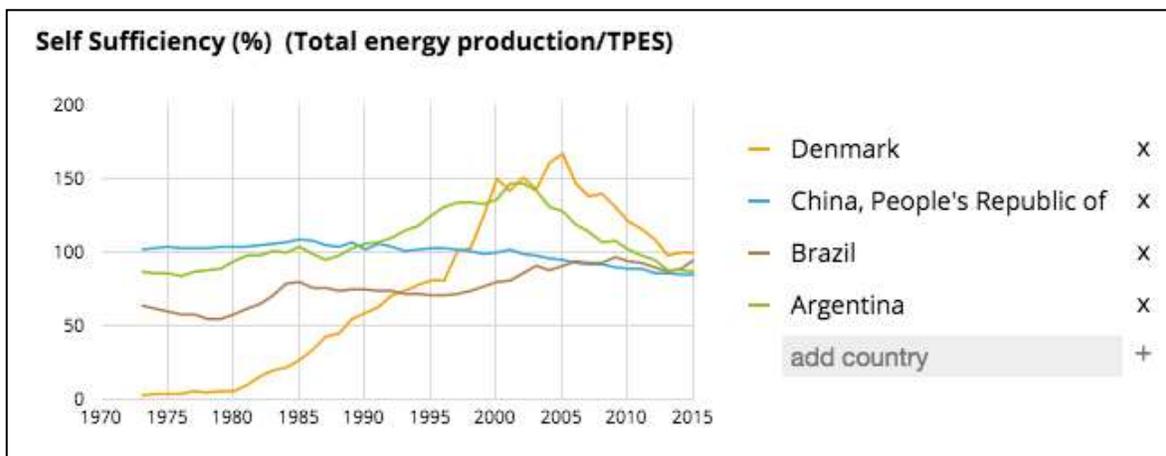


Figura 30: Porcentaje de autosuficiencia energética. Fuente: IEA.

Esta misma visión hacia la autosuficiencia le otorgó una mejor calidad de vida a los daneses al reducir significativamente las emisiones de CO2 per cápita:

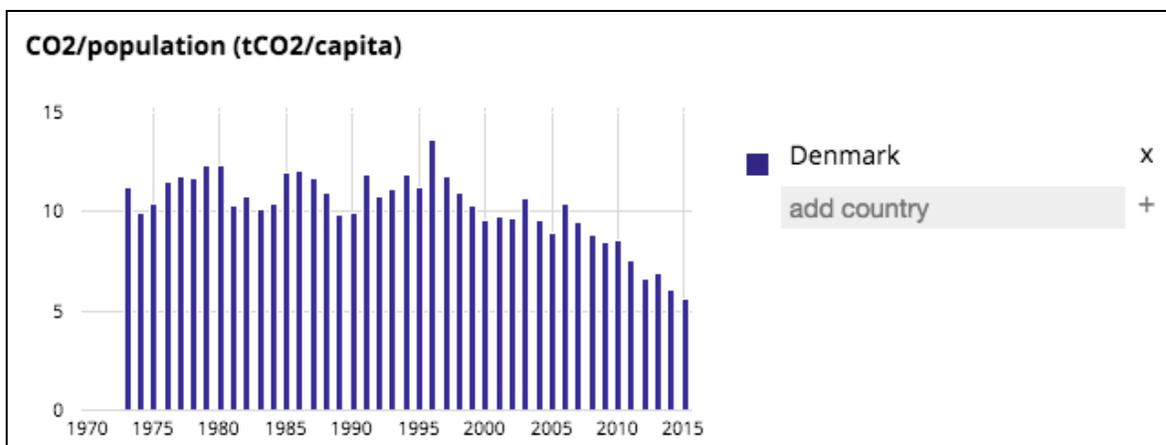


Figura 31: Emisiones de CO2 per cápita en Dinamarca. Fuente: IEA.

Un mensaje alentador para los consumidores daneses es que el PSO, mencionado anteriormente, que financió los programas de energía limpia danés será dado de baja gradualmente en los próximos años. El argumento que sostiene esta baja gradual es que de a poco las energías limpias fueron convirtiéndose en una alternativa competitivamente viable sin necesidad de subsidios<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> [www.pv-magazine.com/2017/04/27/denmarks-energy-commission-says-incentives-for-renewables-should-be-phased-out](http://www.pv-magazine.com/2017/04/27/denmarks-energy-commission-says-incentives-for-renewables-should-be-phased-out)

Utilizando el sistema que provee el Nord Pool Market, cada usuario final paga por la energía consumida al proveedor, paga la transmisión de potencia al distribuidor y paga impuestos. Un usuario final puede elegir entre una gran variedad de proveedores, mientras que solo tiene una opción con respecto al operador o distribuidor de transmisión.

Es interesante marcar que Dinamarca apunta a que los usuarios finales de energía consuman en el año 2020 un 7% menos de lo que consumían en el 2016.

Es destacable indicar que Dinamarca incorporó en su “Meter Order”<sup>40</sup> parte de los artículos número 9, 10, 12 y 17 (entre otros) de la “2012 Energy Efficiency Directives” de la Unión Europea<sup>41</sup>. El objetivo principal de esta enmienda es introducir requisitos para la medición individual del consumo para, entre otras cosas, motivar a los clientes finales a reducir su consumo de recursos. En resumen, el artículo 9 indica: “Member States shall ensure that, in so far as it is technically possible, financially reasonable and proportionate in relation to the potential energy savings, final customers for electricity, natural gas, district heating, district cooling and domestic hot water are provided with competitively priced individual meters that accurately reflect the final customer’s actual energy consumption and that provide information on actual time of use.” El artículo 10 dice que “Where final customers do not have smart meters as referred to in Directives 2009/72/EC and 2009/73/EC, Member States shall ensure, by 31 December 2014, that billing information is accurate and based on actual consumption, in accordance with point 1.1 of Annex VII, for all the sectors covered by this Directive, including energy distributors, distribution system operators and retail energy sales companies, where this is technically possible and economically justified.” Y finalmente, bajo los artículos 12 y 17, los estados miembros están obligados a enfocarse en informar y capacitar al consumidor sobre temas de eficiencia energética. Es por esto que la Agencia Danesa de Energía elaboró un plan de acción y estrategia para la campaña de información sobre la eficiencia energética a nivel de usuario final. El objetivo de esta campaña de información es promover soluciones energéticamente eficientes entre los usuarios finales.

#### 4.5.2. China

Siguiendo con lo planteado en un escenario de alta penetración de energías renovables, y como esto afecta al “consumidor”, el plan es transformar la mentalidad respecto al concepto del desarrollo de la energía y hacer que todo el mundo sea un “prosumidor” de energía renovable.

Siguiendo este lineamiento, China emprendió una campaña publicitaria destinada a alentar a los ciudadanos a respetar y proteger la naturaleza. El objetivo es que la gente acepte que el desarrollo de las energías renovables es la única manera de lograr realmente la utilización sostenible de los recursos naturales y lograr un desarrollo ecológico de la energía. Yendo incluso más adelante, esta campaña indica que la sociedad debe aprovechar firmemente la oportunidad histórica que esta revolución energética presenta y la “Tercera

---

<sup>40</sup> Donde la Agencia Danesa de Energía indica las reglas para el consumo individual, medición de electricidad, gas, agua y calor en unidades residenciales y comerciales.

<sup>41</sup> <http://www.ca-eed.eu/home>

“EED implementation in Denmark” + “Denmark’s National Energy Efficiency Action Plan”

Revolución Industrial” que esto implica. El país debe aprovechar la oportunidad que el desarrollo de la energía distribuida implica, la mayor tasa de electrificación vinculada al consumidor y el aporte que internet puede otorgar en todo esto. La campaña apunta fuertemente a que todos promuevan la producción y la utilización de una energía renovable a través de acciones conjuntas, comenzando con la clasificación, el tratamiento y la utilización de los residuos, la incorporación de sistemas fotovoltaicos en la techos, los vehículos eléctricos y la integración de las vehículos en una misma red. Los ciudadanos también deberían convertirse en prosumidores de la energía, de modo que todos contribuyan y se beneficien de la producción y el consumo de energía.

Si bien China entrará plenamente en una nueva era energética buscando tener una red ecológica, de bajo carbono, limpia, eficiente e inteligente que incorpore con éxito la energía renovable planteada en un escenario de alta penetración, la reacción de China frente a estos cambios debe ser inminente ya que al momento, el acelerado crecimiento de su economía no fue acompañado en simultáneo por políticas energéticas y medioambientales que estén a la misma altura. Esto queda demostrado en el siguiente gráfico de la Agencia Internacional de Energía (IEA) que muestra el agresivo aumento de CO<sub>2</sub> per cápita de China. Y además hay que pensar en cómo esto impacta en la población mundial ya que China es la responsable del 28% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub><sup>42</sup>.

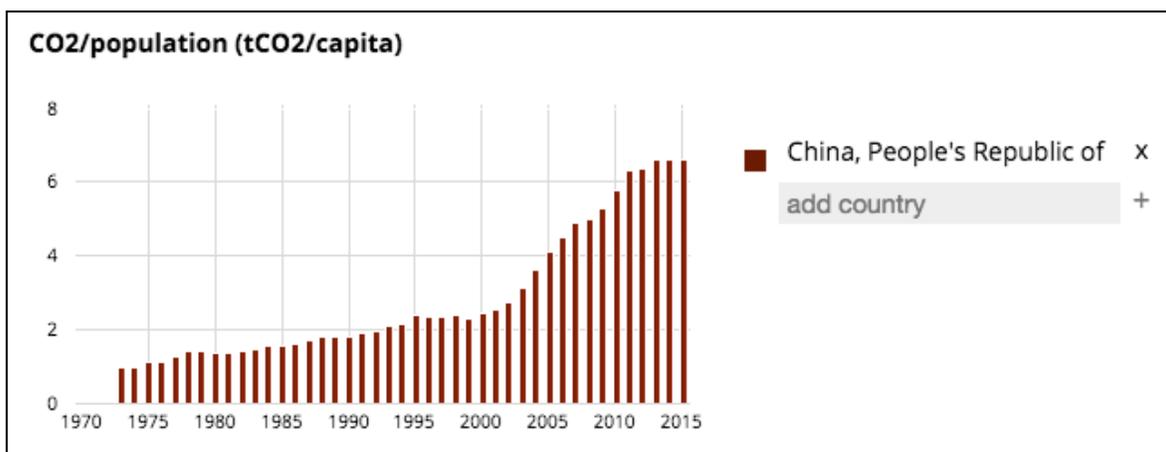


Figura 32: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en China. Fuente: IEA.

#### 4.5.3. Brasil

En Brasil están haciendo un fuerte hincapié en la educación de la población. Lo hace ya que los estudios como los realizados por la OLADE (Organización Latinoamericana para El Desarrollo) demuestran que ciudadanos informados y sensibilizados sobre la necesidad de usar la energía de forma racional y eficiente, tienden a ahorrar entre el 10% y el 15%, en comparación con aquellos que no están atentos a esta cuestión. Esto demuestra que al momento de modificar la conducta del consumidor no todo se rige por un aspecto económico, sino que el factor cultural es fundamental.

<sup>42</sup> Dato del 2015 de la IEA

La inversión en educación apunta a:

- Que los docentes, tanto del sector público como privado, estén capacitados para desarrollar una práctica pedagógica diferenciada en eficiencia energética y Educación Socioambiental, con una perspectiva transformadora y participativa;
- Generar nuevos valores, relacionados con la responsabilidad con respecto al desperdicio de energía y al medio ambiente;
- Que el concepto de uso de fuentes de energías renovables y eficiencia energética sea difundido e implementado en la educación básica;
- Que los proyectos de eficiencia energética en escuelas generarán un efecto en la reducción de gastos innecesarios de energía y agua;
- Que los profesionales de diversas áreas del conocimiento, en los niveles técnico, graduación y posgrado, estarán capacitados con un conjunto de competencias para promover la eficiencia energética en su área de actuación;
- Una mayor capacidad científica en eficiencia energética, y refuerzo en la innovación, sobre todo en la creación de tecnologías para la sostenibilidad y mejor aprovechamiento energético;
- La excelencia en temas de eficiencia energética asegurada a través de la oferta de formación continua a los docentes en los cursos técnicos, de graduación y de posgrado;
- Que será ampliado el público concientizado y motivado para la eficiencia energética.

Desde un punto de vista medioambiental, Brasil no debe descuidar el incesante aumento que viene teniendo en emisiones de CO<sub>2</sub>:

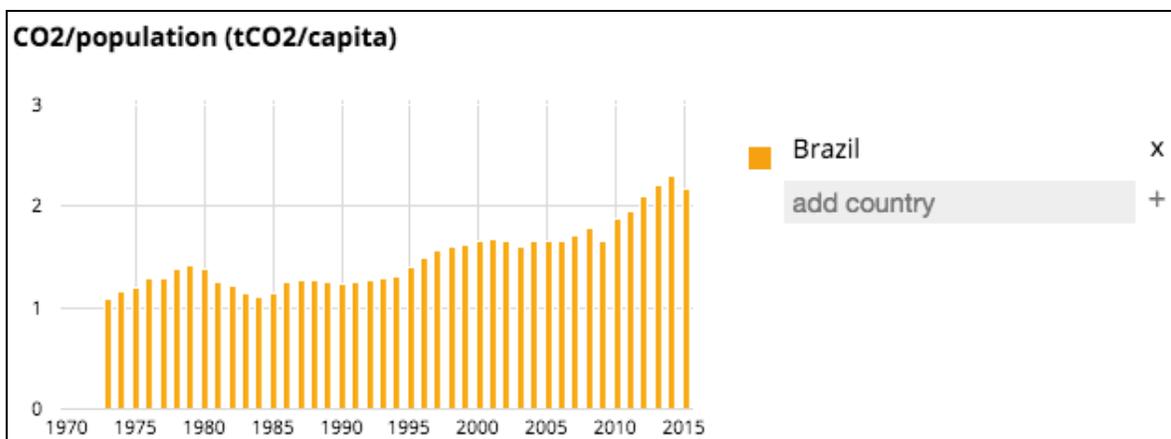


Figura 33: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Brasil. Fuente: IEA.

#### 4.5.4. Argentina

El consumidor argentino no está acostumbrado al concepto de eficiencia energética. En la actualidad se está acostumbrando de a poco básicamente por los aumentos en las tarifas que viene sufriendo en su factura, pero esto no implica un cambio cultural o educativo genuino.

La sanción de la ley de generación distribuida con energías renovables, que autoriza y crea incentivos para que usuarios particulares puedan volcar energía limpia excedente a la red de distribución, suma a la Argentina a la larga lista de países que están cambiando el paradigma de consumo energético. De esta forma ya no se piensa al consumidor como un comprador de energía, sino como un prosumidor, es decir, un agente que compra y vende energía de acuerdo a como le convenga hacerlo. El desafío actual es instrumentar esta ley a un nivel cultural generalizado.

La Argentina no tiene que descuidar el aumento de CO<sub>2</sub> que se viene detectando según los estudios realizados por la IEA:

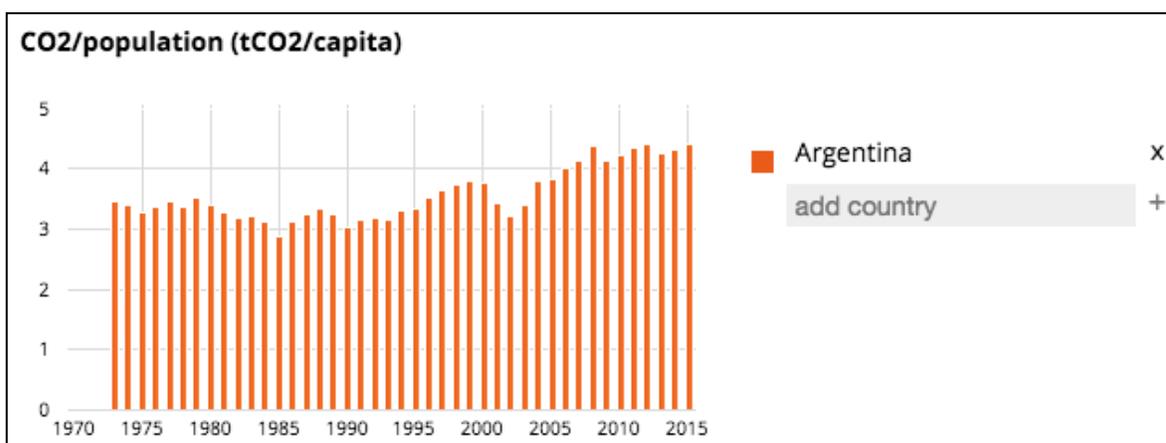


Figura 34: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Argentina. Fuente: IEA.

## 5. Propuestas para la Argentina

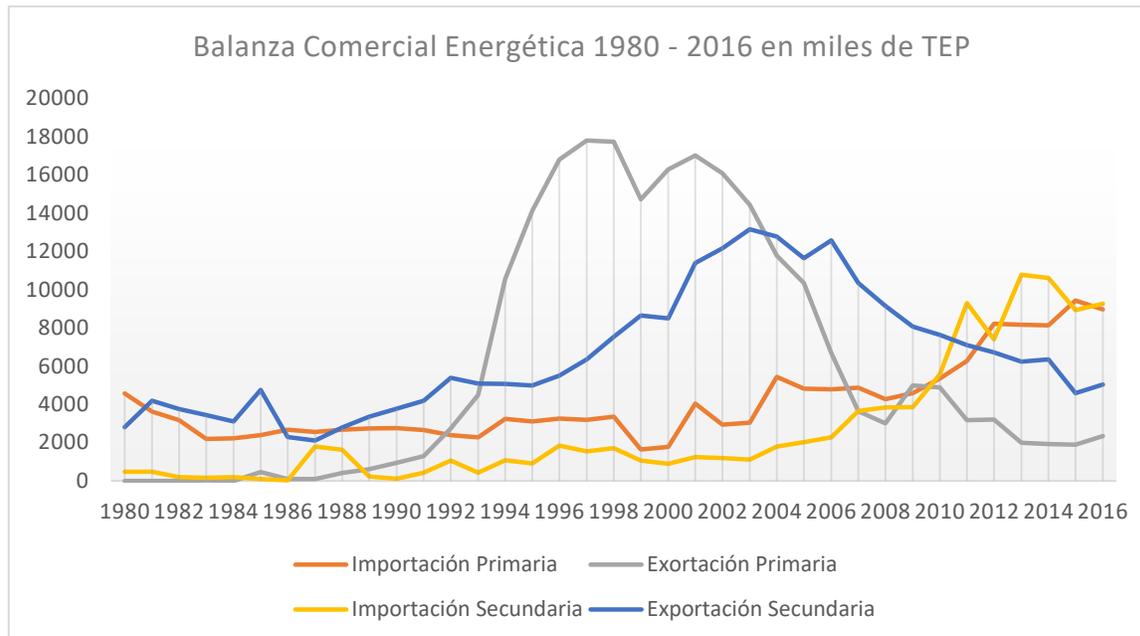
Estas son algunas propuestas en miras al futuro y el desarrollo energético eficiente a nivel nacional:

- Desarrollar los sistemas de redes inteligentes: seguir aprendiendo de los casos locales en los que se incorporó esta tecnología y buscar desarrollarla a nivel nacional para lograr márgenes mayores de ahorro, eficiencia y calidad de servicio. Es necesario invertir en tener acceso a las lecciones aprendidas por los países que están más desarrollados en este tipo de tecnologías. Al plantear esto no me refiero a tener acceso a adquirir la tecnología ya desarrollada, sino a aprender a cómo desarrollarla y aplicarla correctamente;

- Prosumidor: incorporar el concepto para que el consumidor pase a ser un usuario activo. Educar a la población para que entienda los beneficios de este cambio de paradigma ya que es provechoso para cada uno y para el país en su conjunto;
- Acceso al negocio: permitir que los prosumidores tengan acceso al negocio energético al pasar a ser actores activos e influyentes en el sistema a través de su capacidad de influir en la demanda de energía de acuerdo a sus necesidades reales;
- “Internet of Things”: la incorporación de redes inteligentes a nivel nacional permitirá acceder a información fundamental a fin de eficientizar y optimizar el sistema energético. El sistema sería capaz de otorgar información relacionada al consumidor (o prosumidor) y sus hábitos así como información puntual de la producción y distribución de energía;
- Incentivar la generación distribuida en áreas apartadas de los centros de generación energética ya que de lo contrario los costos operativos son muy altos. Al mismo tiempo esto posibilita seguir desarrollando modelos de pequeña escala con redes inteligentes y energías renovables que luego pueden ser replicados en grandes escalas;
- Incorporar un sistema similar al Nord Pool Market: primero se podría considerar que sus participantes sean los medianos y grandes usuarios, para luego, incluir al resto de la población. O se puede pensar en que en una primera instancia las distribuidoras tengan acceso al sistema (aprovechando que la Argentina tiene más de 418 cooperativas que distribuyen energía eléctrica) para que compren y vendan de acuerdo a los requisitos de los usuarios de su red. Y una vez que se pruebe que el sistema es eficiente, los usuarios serían quienes hoy en día consideramos usuarios finales. De esta forma las distribuidoras serían agentes de despacho, es decir, en lugar de tener un agente de despacho, CAMMESA, pensaríamos en tener varios que puedan focalizar sus esfuerzos cada uno en su territorio

Es inteligente pensar en que la incorporación de este tipo de tecnologías sea paulatino ya que requiere un fuerte esfuerzo en la educación de los usuarios y sobre todo en la transformación de los usuarios a prosumidores.

- Acelerar la incorporación de energías renovables al sistema para equilibrar la balanza comercial energética: la Argentina ha dado grandes pasos en los últimos años como indiqué más arriba al describir el caso del país. Son pasos que podría haber dado hace varios años y hubiesen ayudado a evitar los excesivos gastos que se realizaron comprando energía no renovable en el extranjero. No digo que la balanza comercial negativa que muestra el siguiente gráfico sea exclusiva responsabilidad del retraso para incorporar energías renovables al sistema, pero claramente si lo hubiésemos hecho a tiempo, esta situación sería menos crítica y el país podría haber hecho uso de los recursos renovables en momentos de crisis del sector no renovable (tal como hizo Dinamarca).



**Figura 35: Balanza comercial energética de la Argentina. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de los Balances Energéticos del Ministerio de Energía y Minería.**

Tal como se ve en el gráfico de elaboración propia en base a los datos de los Balances Energéticos que el Ministerio de Energía y Minería publica en su web, en el 2007 la balanza comercial energética primaria entró en déficit y la secundaria lo hizo en el 2011. El causante de esto fue el retraso de precios que sufrió el sector petrolero y gasífero nacional por lo cual la producción se vio afectada, pero de haber tenido una red renovable instalada, esta crisis podría haberse visto aliviada.

Enfrentar este déficit comercial impulsando energías renovables cobra aún más sentido si analizamos la caída sistemática a nivel nacional de las reservas comprobadas de petróleo y gas tal como se ve en los siguientes gráficos elaborados por el Ministerio de Energía y Minería<sup>43</sup>.

43

[www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/mercado\\_hidrocarburos/informacion\\_estadistica/reservas/MINEM\\_Informe\\_Reservas\\_HFVU\\_2016.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/mercado_hidrocarburos/informacion_estadistica/reservas/MINEM_Informe_Reservas_HFVU_2016.pdf)

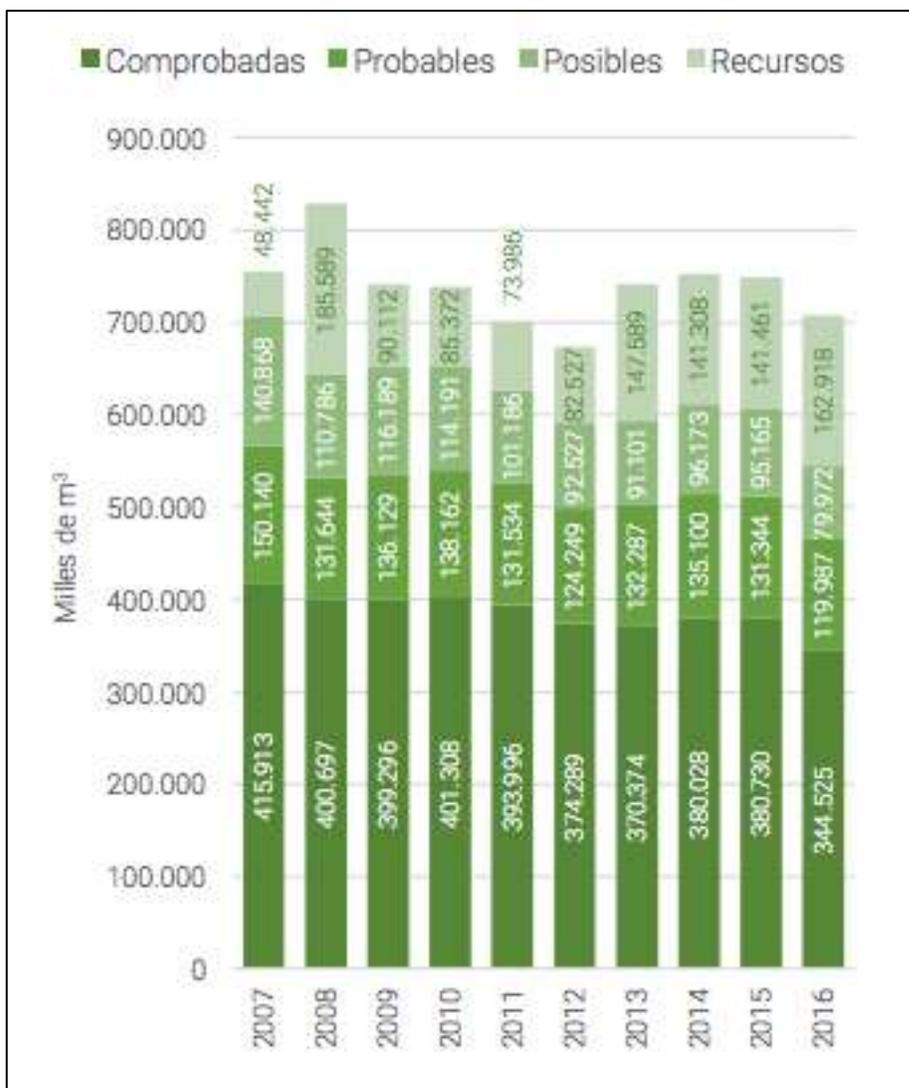


Figura 36: Evolución de las reservas comprobadas de petróleo en la Argentina. Fuente: Ministerio de Energía y Minería.

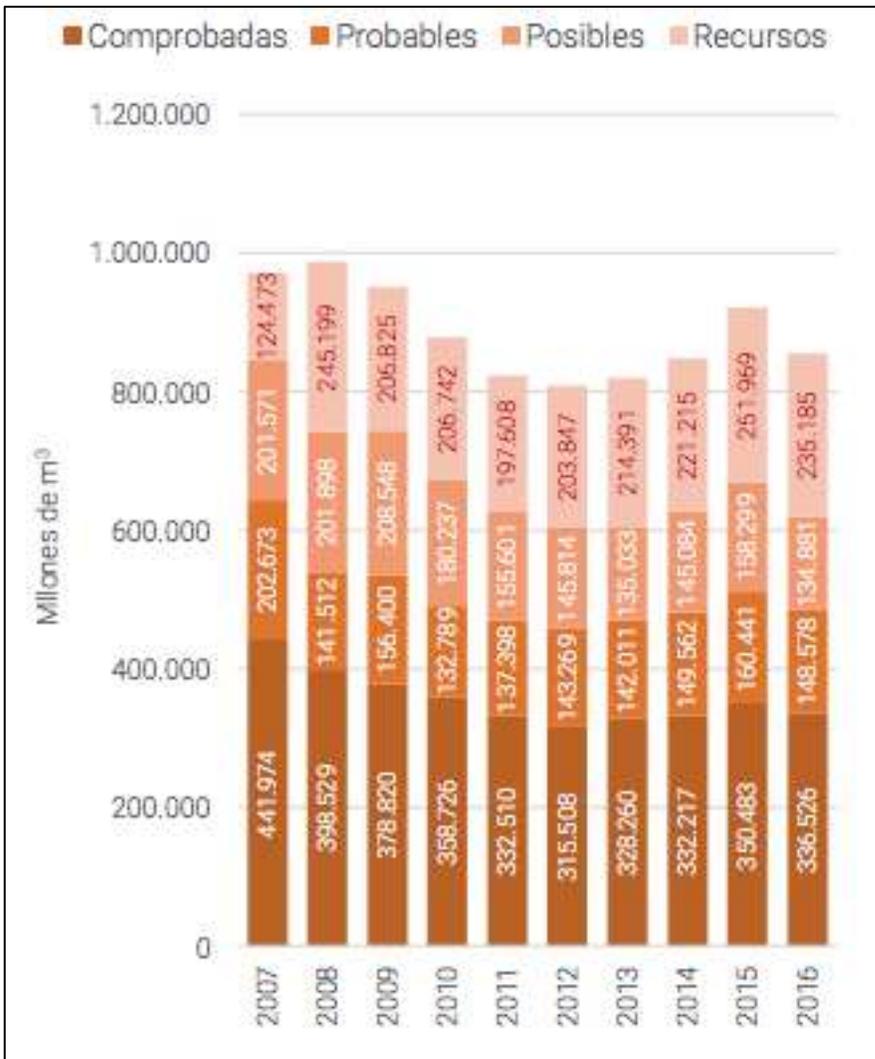


Figura 37: Evolución de las reservas comprobadas de gas natural en la Argentina. Fuente: Ministerio de Energía y Minería.

## 6. Principales Desafíos y Recomendaciones

En esta sección desarrollaré con más detalles los puntos que considero centrales en la sección de “Propuestas para la Argentina” y que personalmente recomiendo desarrollar. Son desafíos porque son propuestas que implican un esfuerzo de varios sectores en forma sistematizada a fin de llegar al éxito.

### 6.1. Educación del consumidor

Es necesario hacerles entender a los consumidores/prosumidores los beneficios de la incorporación de las redes inteligentes a sus vidas diarias y sus rutinas de consumo.

Incorporar un sistema similar al del Nord Pool Market implica un arduo trabajo en educar a la población a entender que las crisis energéticas, son causadas en gran medida, por el derroche energético diario al que nos acostumbramos a vivir.

En mi opinión la educación debería estar enfocada a las escuelas, para que los jóvenes de hoy sean los usuarios eficientes del futuro, y a los grandes usuarios, ya que un cambio en ellos afecta en forma significativa la eficiencia del consumo a nivel nacional. Y además debería haber un fuerte foco en que los universitarios puedan tener facilidades para aprender del *know how* de los países que ya están avanzados en esta materia.

La inversión en educación debería ser proporcional a los beneficios en ahorro energético que debería proporcionar a futuro. Y debe estar alineada con avances concretos a fin de que la educación sea llevada a la práctica, para que las personas “educadas” tengan un espacio para accionar en base a los nuevos conocimientos adquiridos. Es decir, a modo de ejemplo, no tiene sentido enseñar lo que es un *Smart Meter*, si no se incorpora esta tecnología. O no tiene sentido divulgar sobre vehículos eléctricos si el país no tiene una fuerte propuesta para importarlos o desarrollarlos localmente.

## 6.2. Inversión

En el siguiente gráfico se muestran los millones de euros que Europa viene invirtiendo en redes inteligentes:

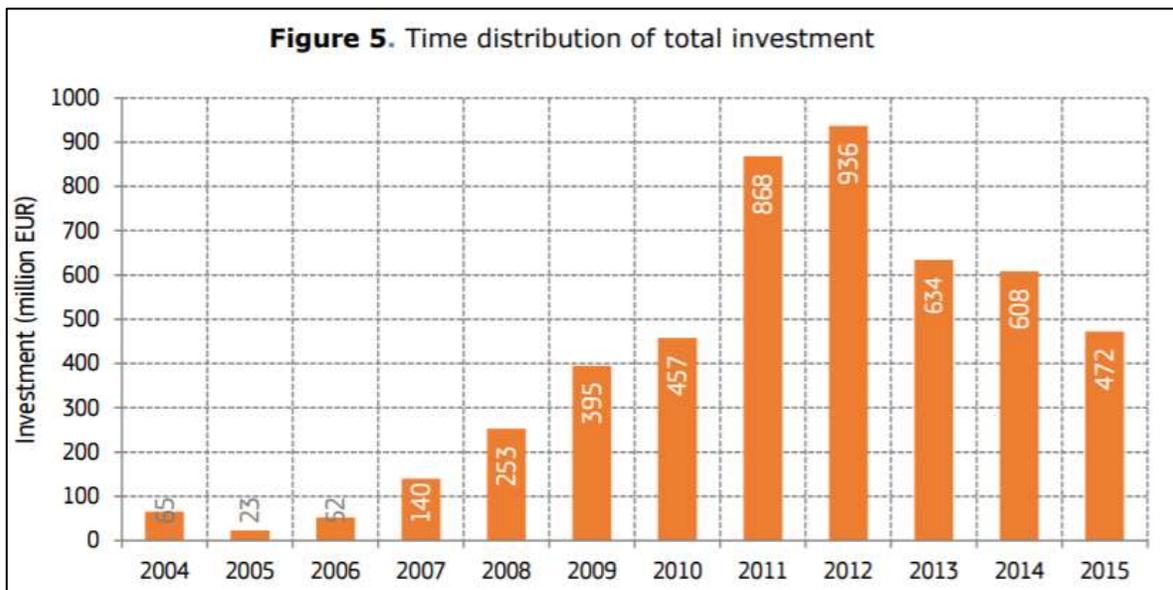


Figura 38: Inversión europea en redes inteligentes según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Esto es lo que invirtió Estados Unidos según The Statistics Portal<sup>44</sup>:

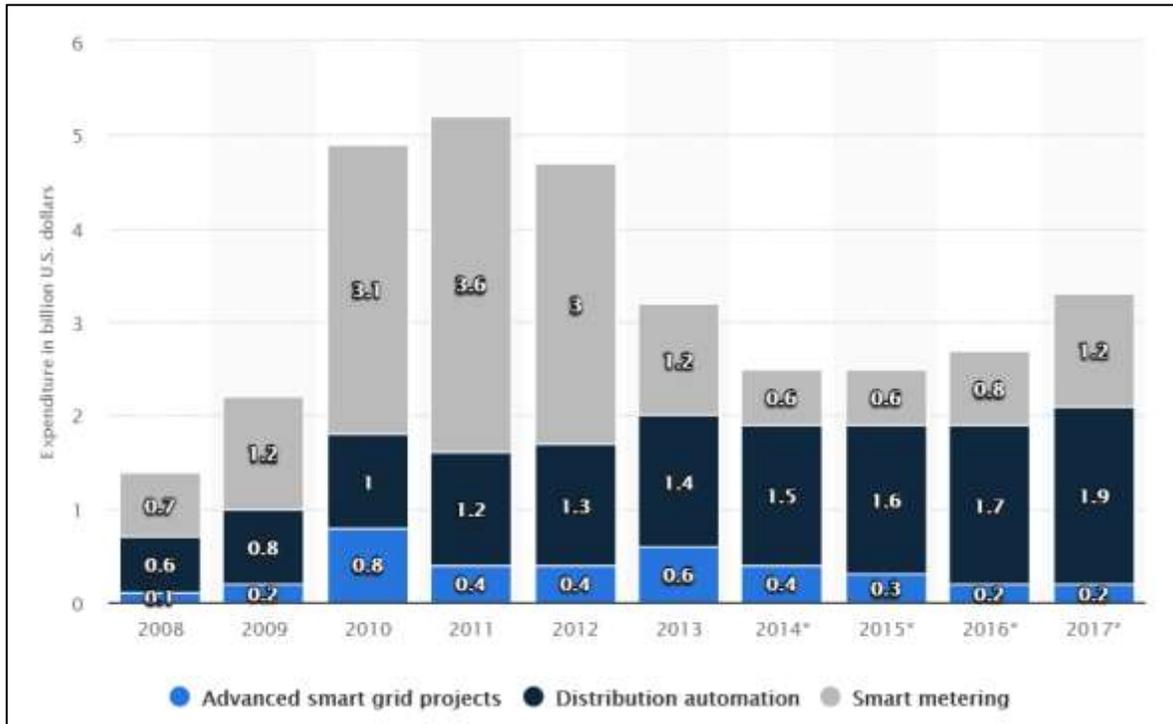


Figura 39: Inversión de Estados Unidos en redes inteligentes. Fuente: The Statistics Portal.

Las inversiones llevadas adelante en Argentina son ampliamente inferiores. Los ejemplos más relevantes son:

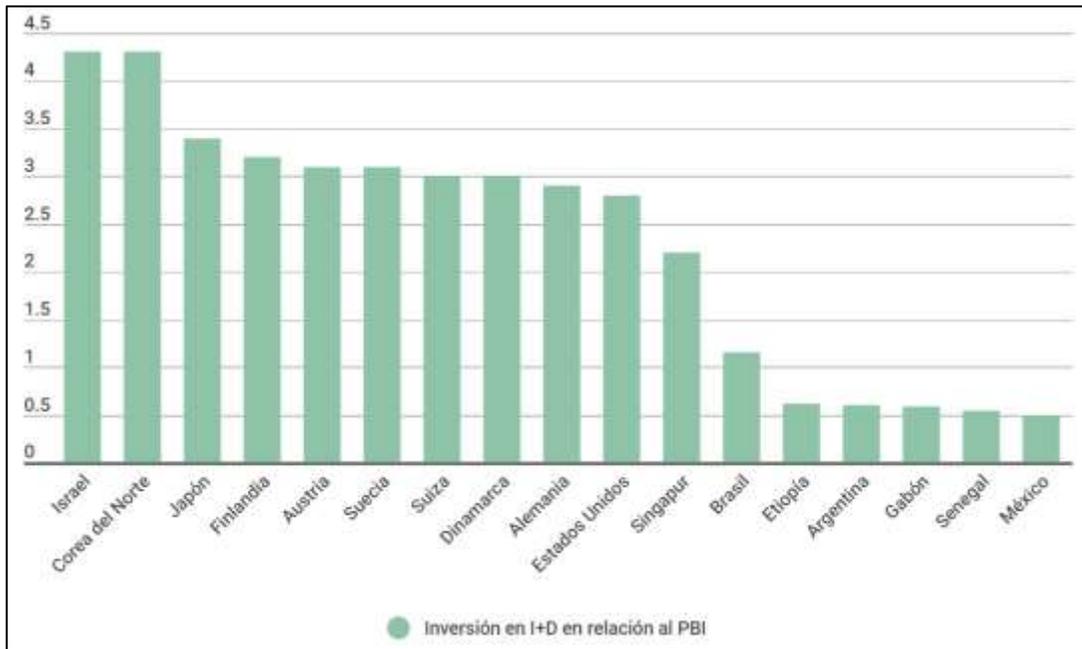
- EDESUR planea invertir A\$20.000 millones en los próximos 5 años<sup>45</sup>.
- El proyecto Armstrong implicó una inversión de AR\$28 millones.

Estos números no sorprenden si consideramos lo que invierte el país en Investigación y Desarrollo, un área que está directamente relacionado con la incorporación de redes inteligentes. Según un informe desarrollado por la UNESCO<sup>46</sup>, esto es lo que invierte la Argentina en Investigación y Desarrollo en relación a su PBI, un porcentaje ampliamente inferior al de países como Brasil, Dinamarca o China (que es de un 2% por más de que no figure en el siguiente gráfico, es decir, alrededor de USD360.000 millones).

<sup>44</sup> [www.statista.com/statistics/504297/outlook-for-smart-grid-spending-in-the-us-by-project/](http://www.statista.com/statistics/504297/outlook-for-smart-grid-spending-in-the-us-by-project/)

<sup>45</sup> [www.telam.com.ar/notas/201710/218136-edesur-energia-electricidad-instalacion-primeros-medidores-consumo-inteligente.html](http://www.telam.com.ar/notas/201710/218136-edesur-energia-electricidad-instalacion-primeros-medidores-consumo-inteligente.html)

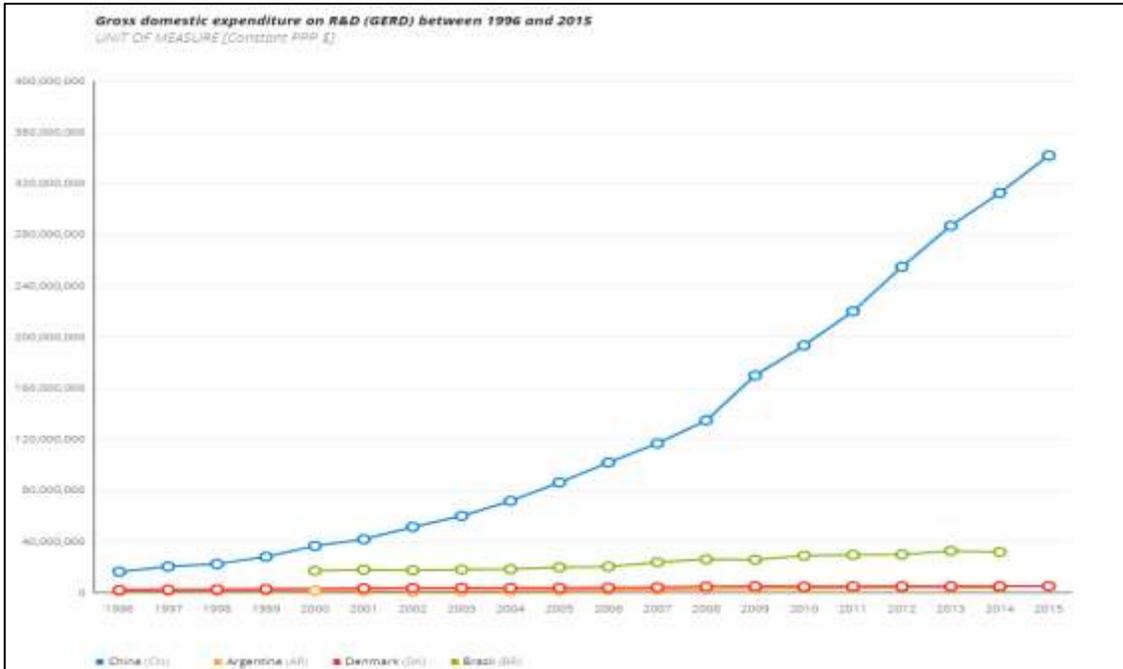
<sup>46</sup> [www.infobae.com/tendencias/innovacion/2017/12/10/argentina-invierte-7-veces-menos-en-investigacion-y-desarrollo-que-los-paises-mas-innovadores/](http://www.infobae.com/tendencias/innovacion/2017/12/10/argentina-invierte-7-veces-menos-en-investigacion-y-desarrollo-que-los-paises-mas-innovadores/)



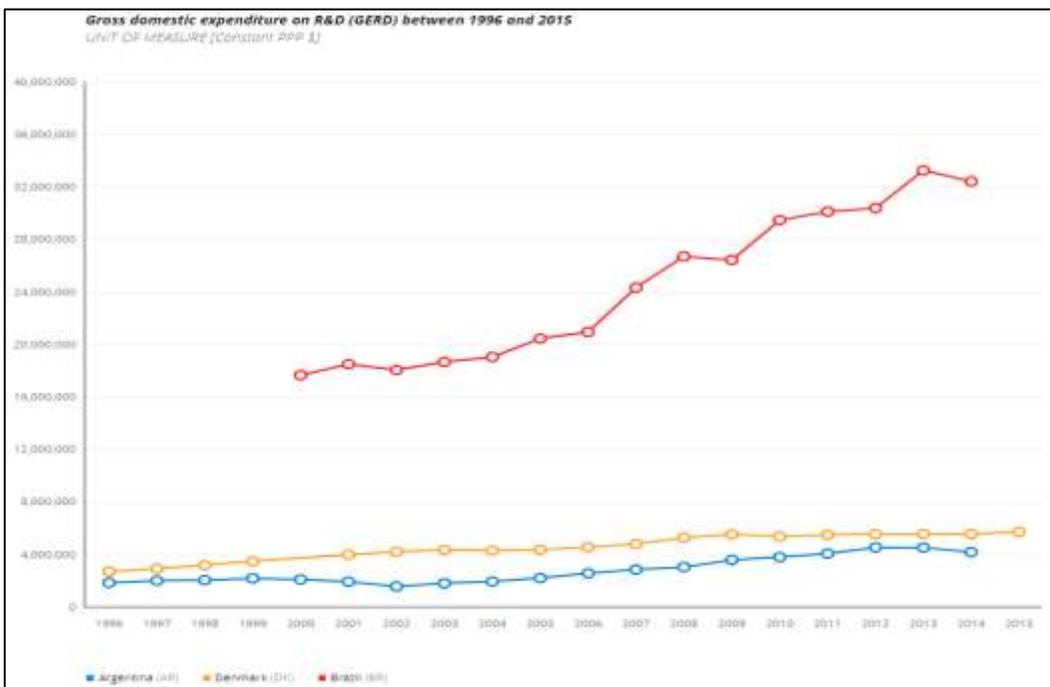
**Figura 40: Inversión en Investigación y Desarrollo en relación al PBI. Fuente: UNESCO.**

Las siguientes imágenes muestran la inversión en Investigación y Desarrollo en USD de cada uno de los países en estudio<sup>47</sup>. El primer gráfico incluye a China, y el segundo no lo incluye a fin de que la escala nos permita visualizar la diferencia en la inversión entre Dinamarca, Brasil y Argentina:

<sup>47</sup> <http://uis.unesco.org/indicador/sti-rd-gerd-total>



**Figura 41: Inversión en Investigación y Desarrollo en USD de Dinamarca, China, Brasil y Argentina. Fuente: UNESCO.**



**Figura 42: Inversión en Investigación y Desarrollo en USD de Dinamarca, Brasil y Argentina. Fuente: UNESCO.**

Los gráficos son congruentes con la descripción que realicé sobre el estado del arte en los países en estudio.

La Argentina debería destinar mayores fondos a Investigación y Desarrollo de las redes inteligentes a fin de acelerar su incorporación y no perder de vista los avances que se están realizando en el resto del mundo. El mundo ya ha demostrado que es una inversión acertada, y lo es cada vez más si consideramos la crisis de las el incesante crecimiento de las energías renovables<sup>48</sup>.

### 6.3. Generación distribuida

La aprobación de la ley de generación distribuida es un gran incentivo para que los usuarios particulares puedan volcar energía limpia excedente a la red de distribución. Esto incentiva fuertemente a lo planteado anteriormente sobre la educación del usuario, ya que implica que el usuario ahora recibe un beneficio económico al pensar en redes inteligentes y energías renovables. Este es un claro ejemplo en donde educación y desarrollo necesitan ir avanzando en forma sistemática y en conjunto, retroalimentándose.

La Argentina de hoy en día se encuentra en una etapa temprana en el desarrollo de sistemas de generación distribuida. En algunas partes del mundo ya es posible que los mal denominados “consumidores finales” produzcan su propia energía y en lugar de vendérsela a la red (concepto “clásico” de generación distribuida), pueden vendérsela directamente a otros “consumidores finales” pactando entre ellos el precio de la transacción. Un ejemplo de esto es el servicio llamado “The Brooklyn Microgrid” ofrecido por el *startup* “LO3 Energy” en Brooklyn, NY<sup>49</sup>. En Alemania, la empresa “Sonnen” ofrece un servicio similar. En Bangladesh, en donde aproximadamente 65 millones de personas no tienen acceso a la red, la empresa “ME SOLshare” está desarrollando una tecnología que le permita a los usuarios rurales vender entre sí la energía que producen con sus paneles solares<sup>50</sup>.

Sin dudas esto abre un gran problema en torno al rol de las distribuidoras, jugadores fuertes y poderosos del sistema. Las distribuidoras deberían adaptarse a este cambio, ya sea siendo los proveedores de conocimiento y tecnología a gran escala para que la energía distribuida sea posible o limitando su campo de acción a áreas en donde el concepto de energía distribuida presenta mayores dificultades para ser aplicada<sup>51</sup>.

### 6.4. El Prosumidor

Tal como mencioné varias veces a lo largo de todo este trabajo, el incorporar la figura del prosumidor (en forma activa y masiva) es el resultado final del desarrollo sostenido y

---

<sup>48</sup> Es discutible en que aspectos las energías convencionales están en crisis. El único punto en que no es discutible, y sin dudas es uno de los puntos fundamentales (si no el más importante), es en el desastre ecológico que están generando.

<sup>49</sup> [www.lo3energy.com/](http://www.lo3energy.com/)

<sup>50</sup> [www.nytimes.com/2017/03/13/business/energy-environment/brooklyn-solar-grid-energy-trading.html](http://www.nytimes.com/2017/03/13/business/energy-environment/brooklyn-solar-grid-energy-trading.html)

<sup>51</sup> Las distribuidoras deberían poner su foco en eficientizar su servicio en las grandes ciudades.

efectivo de las redes inteligentes. Ya existe este concepto en varias regiones del país en las que se realizaron pruebas piloto<sup>52</sup>. El siguiente paso es aplicarlo en forma masiva, pero para ello antes se necesita tener un sistema inteligente en perfecto funcionamiento y una población educada y preparada para adaptarse a este cambio de paradigma.

## **7. Conclusiones y Reflexión Final**

### **7.1. Conclusiones Generales del Estudio**

Sin importar la situación energética de cada país, sin dudas la incorporación de redes inteligentes no puede hacer más que efficientizar el consumo de la misma. Sin importar si un país tiene una balanza comercial deficiente o no, si tiene desarrolladas o no las energías renovables, si fue afectado o no por la crisis petrolera o incluso la nuclear post Fukushima, la incorporación de redes inteligentes va a efficientizar la administración energética.

Las redes inteligentes implican información, y la información actualizada y precisa es sin dudas el mayor y más valorado capital que cualquier país debe tener a fin de tomar decisiones.

En el caso Argentino, y a nivel país, al ser un cambio de paradigma lento y sostenido, le dará tiempo a la industria nacional a desarrollar las tecnologías suficientes para soportar los pequeños desarrollos en una primera instancia y luego los de mayor magnitud. Si la propuesta es enfrentar en una primera instancia grandes proyectos, sin dudas se necesitará una fuerte influencia de los capitales extranjeros, lo cual puede ser muy eficiente tecnológicamente, pero no ayudaría a que la industria local aproveche este movimiento que inevitablemente seguirá desarrollándose.

A nivel consumidor, considero fundamental ir educando al consumidor a que la energía y la factura que recibe por ella no es algo estático y predefinido, sino que depende de que tan inteligentemente la use.

Hay dos aspectos fundamentales que se decantan del trabajo realizado y vale la pena profundizar. Por un lado está el rol que cumple el estado en la incorporación de las redes inteligentes al sistema de cada país, y por el otro está la idiosincrasia de las personas como actores fundamentales en el cambio (este es el punto más importante considerando que el foco de este trabajo es en gran medida el consumidor como actor activo).

### **7.2. El rol de Estado**

En todos los casos de éxito, en este trabajo tomando al danés como ejemplo, el rol del estado fue fundamental para desarrollar las redes inteligentes. La labor del Estado no se limitó a una ley, sino que un programa claro y concreto de estado fue necesario para llegar al éxito.

Dinamarca se puede tomar como un caso concluido. Comenzó a preocuparse luego de la crisis de 1973 y a partir de ahí, con el estado como actor principal, no dejó de progresar hasta

---

<sup>52</sup> [www.telam.com.ar/notas/201710/212781-energias-renovables-venta-red-central-ecologia-trebol-santa-fe.html](http://www.telam.com.ar/notas/201710/212781-energias-renovables-venta-red-central-ecologia-trebol-santa-fe.html)

llegar al punto actual en el cual el consumidor puede elegir desde su teléfono celular a qué precio comprar energía, cómo optimizar su uso, etc. China está atravesando un proceso similar, en donde a través de propuestas y planes estatales está logrando avanzar en la misma dirección.

El caso Argentino es diferente, ya que hay ciertas leyes que impulsan la aplicación de las redes inteligentes y energías renovables, pero no hay ningún plan concreto que efectivamente indique que pasos seguir a fin de incorporarlas definitivamente. Al día de hoy estamos viendo ciertos progresos en energías renovables, impulsados fuertemente por las tendencias mundiales, pero, sin considerar los avances del 2017 y el 2018, los esfuerzos estatales en años anteriores fueron poco significativos. Respecto a las redes inteligentes, los esfuerzos son pocos y aislados.

Los esfuerzos que la Argentina tiene que hacer para salir adelante son mucho más simples que el que tuvieron que hacer los daneses o los chinos. Los daneses no cuentan con la riqueza en recursos energéticos que tienen los argentinos, y el plan argentino tiene que contemplar tener una sólida red para 44 millones de habitantes, y no para 1390 millones de habitantes como los chinos.

A mi entender, uno de los principales puntos que no le permite progresar a la Argentina, es la idiosincrasia de sus consumidores. Que a la larga es la idiosincrasia de sus gobernantes.

### **7.3. Idiosincrasia del Consumidor**

Hay una clara tendencia a nivel mundial respecto al consumidor y sus preferencias. El consumidor actual tiene la posibilidad de elegir. En la lucha capitalista por conseguir clientes, los proveedores de bienes y servicios, les ofrecen a sus consumidores cada vez más posibilidades a fin de capturarlos.

Es por eso que hoy en día los consumidores pueden pasarse de un banco al otro sin mayor burocracia de por medio, pueden cambiar de compañía proveedora de telefonía llevándose su línea, pueden elegir entre múltiples empresas proveedoras de internet o televisión, etc. En todas estas opciones hay una amplia variedad de productos y servicios, así como de precios, que se adaptan a cada persona.

En la Argentina, el servicio energético que recibe el consumidor no ofrece este abanico de posibilidades. El consumidor no elige a quien comprarle, ni recibe propuestas de diversos tipos de servicios a fin de adaptarlo a sus posibilidades. Además tiene muy pocas posibilidades para controlar como consume energía.

Las redes inteligentes, implican entre otras cosas otorgarle al consumidor esta posibilidad de elegir como consumir. La misma inteligencia que aporta a la red en gran escala para optimizar recursos, se la aporta a los consumidores para eficientizar su consumo.

El argentino no sabe que debería poder exigirle al mercado energético mejores servicios y no debería estar siempre condenado a que le impongan constantes aumentos sin entender del todo el motivo o incluso cuando pasa varios días al año con cortes de energía. Una vez que el argentino comprenda esto, podrá exigirlo, y el estado deberá responder con una solución. Pero mientras la elegibilidad respecto al consumo energético del consumidor no sea una prioridad, el consumidor no presionará para incorporar en forma agresiva las redes

inteligentes. El estado lo impulsará solo cuando lo vea fundamental o cuando lo vea como única alternativa para eficientizar el uso energético.

Otro aspecto que se desprende de la elegibilidad es la postura del consumidor frente al cuidado del medio ambiente. El consumidor puede y debe exigirle al mercado energético que sea cuidadoso con el medio ambiente.

Esta es la perspectiva del consumidor que busco enfatizar con este trabajo. Esta perspectiva implica que el consumidor deje de ver en la energía una industria antigua y estática, y que empiece a ver una industria dinámica, adaptable a los tiempos que corren y al servicio del consumidor.

#### 7.4. Reflexión Final

A lo largo de todo este trabajo fui intercalando reflexiones personales con hechos fácticos. Para finalizar solo queda por enfatizar que considero que las redes inteligentes energéticas son uno de ejemplos más claros en los que el desarrollo tecnológico colabora directamente con el bienestar de la humanidad. La redes inteligentes son un factor fundamental para organizar y eficientizar el uso y consumo de la energía a lo largo de toda su cadena de valor.

### 8. Anexos

#### 8.1. Anexo A: Disminución de la Demanda Energética

Los siguientes cuadros muestran el consumo per cápita histórico de los países en estudio. Lo cual muestra que el único que está haciendo un real esfuerzo por reducir el consumo es Dinamarca.

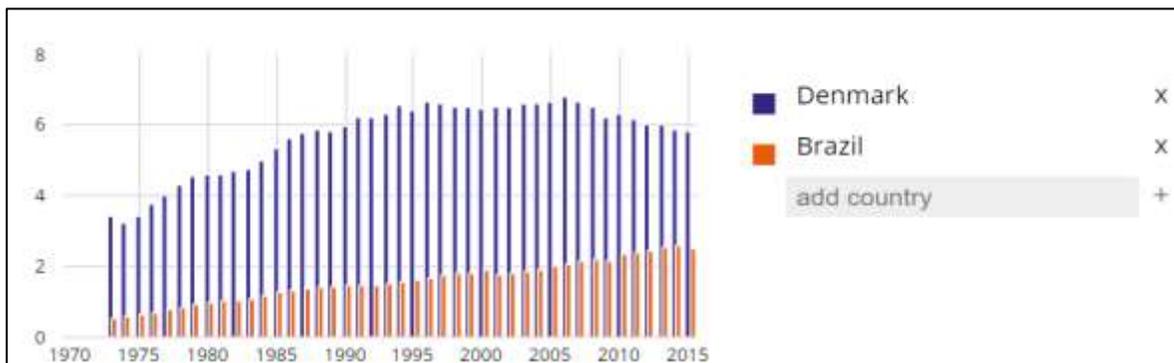
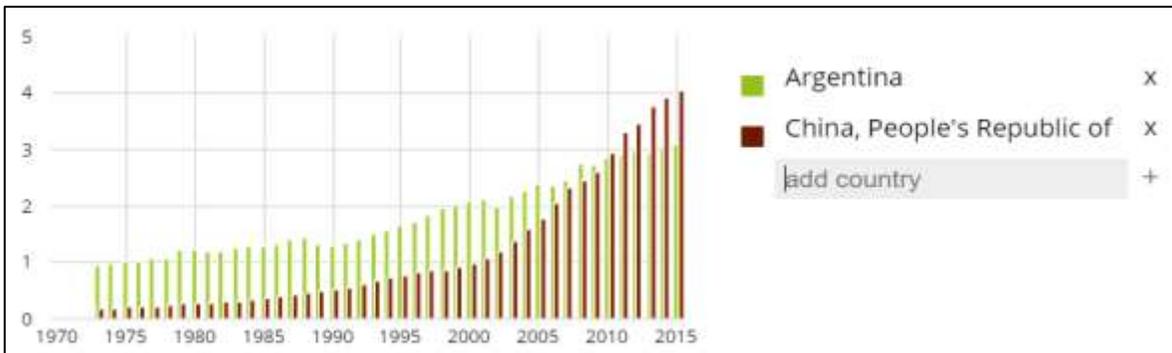


Figura 43: Consumo de Electricidad per Cápita (MWh/cápita) en Dinamarca y Brasil. Fuente: IEA.



**Figura 44: Consumo de Electricidad per Cápita (MWh/cápita) en Argentina y China. Fuente: IEA.**

Es destacable la disminución del consumo eléctrico per cápita en Dinamarca desde que el gobierno danés se focalizó en disminuirlo. Sin dudas esto es el reflejo de las mejoras tecnológicas que permitieron optimizar el uso de los recursos a la par de la concientización de sus habitantes. Es evidente que este fenómeno es gracias a las políticas del país ya que mientras el consumo per cápita disminuye, el PBI per cápita tendencial nunca dejó de crecer tal como muestra el siguiente gráfico. Es decir, el consumo eléctrico acompañó al del PBI hasta el momento en que las políticas de eficiencia energética comenzaron a tener efecto.



**Figura 45: PBI per cápita en USD histórico de Dinamarca. Fuente: Tradingeconomics.com / Banco Mundial.**

Por lo contrario, el crecimiento de la demanda eléctrica per cápita en China siempre acompañó el crecimiento de su PBI per cápita. Sería esperable pensar que una vez que las políticas de eficientización energética Chinas estas curvas dejen de ser simétricas.

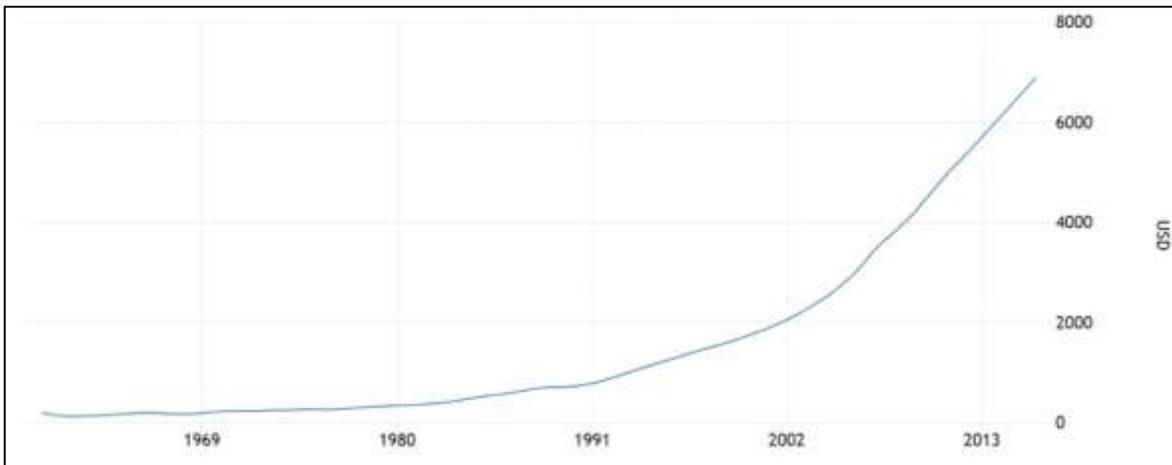


Figura 46: PBI per cápita en USD histórico de China. Fuente: Tradingeconomics.com / Banco Mundial.

Sin embargo no hay que perder de vista que el precio de la electricidad de Dinamarca es de los más altos del mundo tal como evidencian los siguientes gráficos:

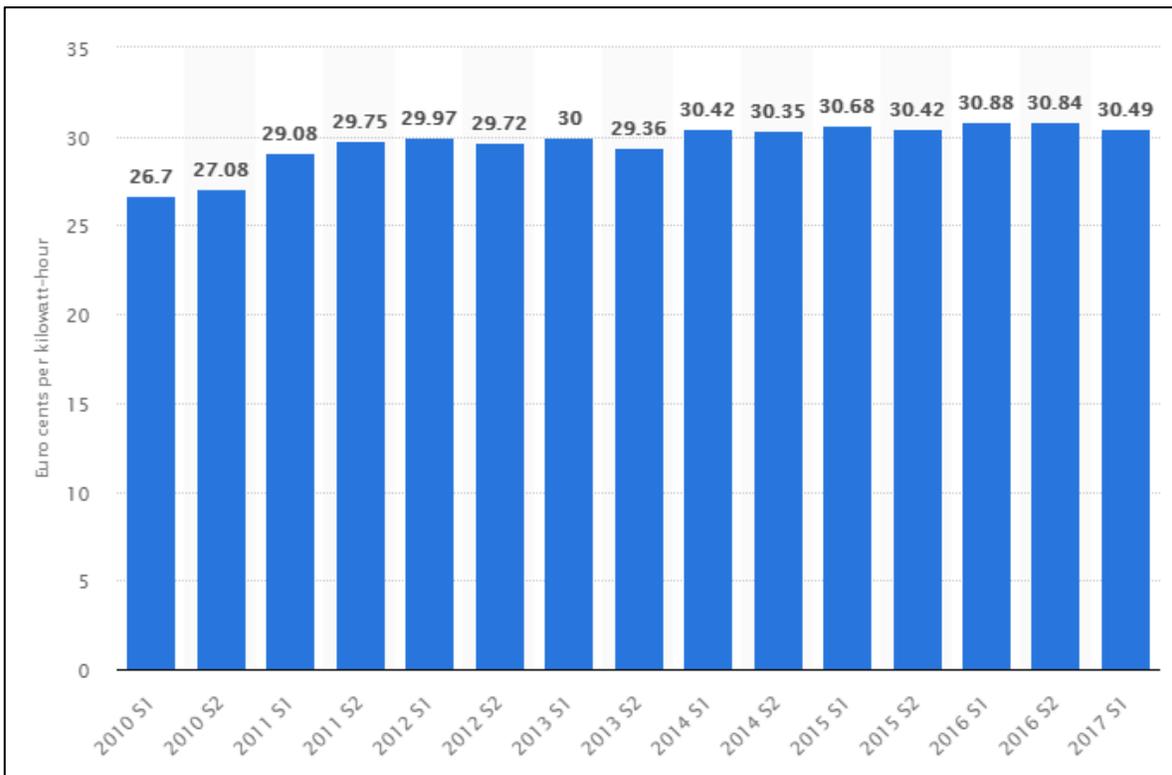


Figura 47: Precio de la electricidad para hogares en Dinamarca en centavos de Euro por Kw/hora. Fuente: The Statistics Portal.

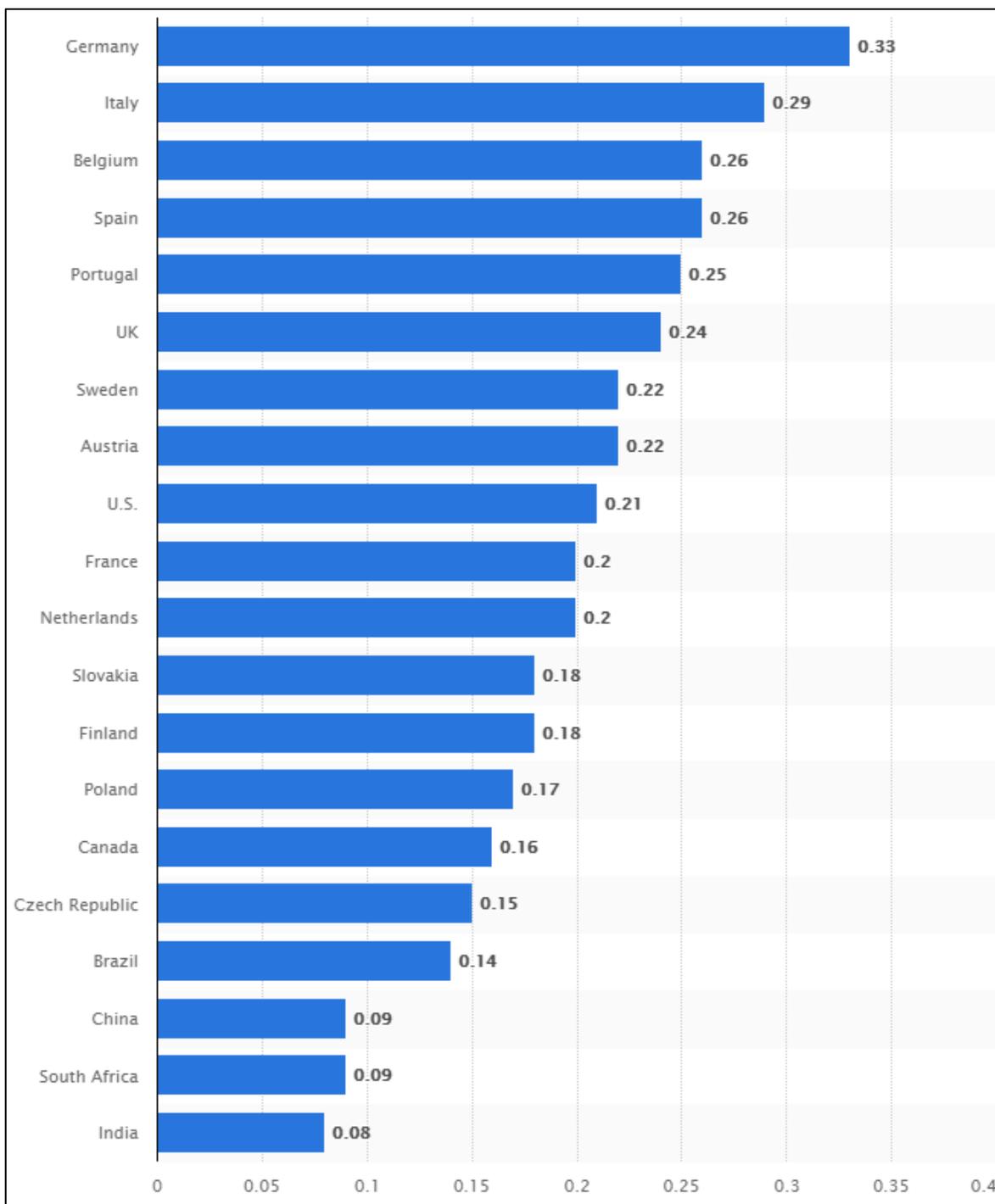


Figura 48: Precio global de la electricidad 2017 en USD por Kw/hora. Fuente: The Statistics Portal.

## **8.2. Anexo B: Bandas Horarias Múltiples - Señales Tarifarias**

Por un lado los consejos que el diario La Nación<sup>53</sup> ofrece a sus lectores sobre cómo ahorrar en energía se centran en temas tales como apagar las luces y equipos mientras no se usen, mantener los equipos de aire acondicionado en 24° C, mantener en condiciones la heladera y el freezer, etc. Por el otro lado, un diario español 20 Minutos<sup>54</sup> ofrece consejos similares pero sumándole el de consumir electricidad en los horarios en los que la electricidad es más económica. Es decir, el diario español no propone exclusivamente el reducir el consumo, sino que se focaliza en consumir en forma inteligente y de acuerdo a las tarifas horarias. Estos son los mismos consejos que probablemente le daría un diario danés a sus lectores.

Esta diferencia se da básicamente porque la capacidad instalada proporcional en Argentina tiene que ser mucho mayor para cubrir los consumos que se dan en horas pico. Mientras que la danesa es menor y más balanceada por suavizar los picos y distribuir el consumo a lo largo de las 24 horas del día.

## **8.3. Anexo C: Respuesta de los Players del Mercado Energético: las Distribuidoras**

Sin entrar en detalles, existen dos puntos de análisis que giran en torno a cómo adaptar las distribuidoras a los sistemas de generación distribuida y a como incentivarlas a incorporar tecnologías smart a sus redes convencionales.

Por un lado, las microrredes planteadas por la generación distribuida son parte de la red y pueden considerarse como unidades casi independientes (pero no del todo), en las que la generación y el consumo de energía se podrían mantener en equilibrio si ese fuese el objetivo. Sin embargo, dividir toda la red eléctrica en unidades autónomas manejables no es una opción. Cuando se piensa por ejemplo en grandes plantas nucleares, grandes terminales eléctricas o inmensos campos solares o eólicos, no es posible ver la red eléctrica simplemente a nivel local y se requiere de la presencia de las distribuidoras. El foco de las distribuidoras debe estar puesto en seguir desarrollando estos sistemas de gran escala. Pero además, se necesita del apoyo tecnológico de las distribuidoras cuando un usuario pretende incorporarse a la red de la distribuidora por más que su fuente de energía principal provenga de algún sistema de energía distribuida.

El otro punto fundamental es pensar en los incentivos para las distribuidoras para invitarlas a incorporar nuevas tecnologías cuando llegue el momento en que por ejemplo el

---

<sup>53</sup> <http://www.lanacion.com.ar/1866470-10-tips-para-ahorrar-energia-y-sufrir-menos-la-suba-de-las-tarifas>

<sup>54</sup> <https://www.20minutos.es/noticia/2942420/0/como-ahorrar-en-factura-de-luz/>

país incorpore tarifas horarias y energías renovables (intermitentes) a grandes escalas o a micro escala (en cada hogar) pero en gran volumen (por ser muchos los prosumidores).

#### **8.4. Anexo D: Seguridad Informática y Propiedad Privada (privacidad)**

Los riesgos informáticos de las redes inteligentes son varios, tales como la manipulación de la información, la seguridad de la infraestructura, y principalmente, en función del enfoque de este trabajo, la privacidad del usuario.

Aunque los principales objetivos de las redes inteligentes, desde la perspectiva del consumidor final, son calcular la factura de consumo y optimizar el consumo eléctrico (e incluso su venta), esa información puede ser utilizada con fines diferentes. La información de consumo describe en gran medida los comportamientos de los usuarios. A partir de esta información es posible obtener información privada, como por ejemplo el número aproximado de personas que viven en un hogar o la hora a la que salen y regresan al hogar.

Un tema vigente en las agendas de los expertos en seguridad informática es el de que mecanismos de seguridad es necesario implementar para proteger la infraestructura y a los usuarios.

### **9. Índice de Figuras**

Figura 1: Producción de energía a través de métodos renovables. Fuente: Agencia Internacional de Energía. <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1076250891>

Figura 2: Porcentaje de energía producida con energías renovables sobre el total producido (Argentina y Dinamarca). Fuente: Agencia Internacional de Energía.

Figura 3: Porcentaje de energía producida con energías renovables sobre el total producido (China y Brasil). Fuente: Agencia Internacional de Energía.

Figura 4: Inversión en redes inteligentes por país según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 5: Inversión en redes inteligentes por país y por fuente de financiamiento según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 6: Inversión en redes inteligentes por país y por fuente de financiamiento comparada según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 7: Inversión pública y privada de la Unión Europea en los principales sectores de la economía. Fuente: European Investment Bank.

Figura 8: Inversión pública y privada de la Unión Europea en los principales sectores de la economía comparada. Fuente: European Investment Bank.

Figura 9: Inversión per redes inteligentes por país según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 10: Financiamiento de H2020 para actividades de investigación y desarrollo (“research and development”) durante el 2016-2017 según Smart Grid projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 11: Financiamiento de H2020 para actividades de ensayo (“demonstration activities”) durante el 2016-2017 según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 12: Proyección de la matriz energética según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 13: Proyección del PBI según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 14: Proyección de la matriz de capacidad instalada según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 15: Proyección de la matriz de generación energética según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 16: Proyección de la capacidad instalada proporcional por región según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 17: Proyección de la capacidad de transmisión interprovincial (intercambio) y la capacidad instalada total de cada provincia (GW) según China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study 2017. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 18: Reservas de carbon en China. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 19: Generación por hora de energía en un día típico en un escenario de alta penetración. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 20: Tendencia del costo promedio por kWh en un escenario de alta penetración. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 21: Resume la situación actual de los incentivos al desarrollo del sector eléctrico, y las expectativas a futuro en un escenario de alta penetración de energías renovables. Fuente: Instituto de Investigación Energética de China.

Figura 22: Inversión en energías renovables, 2010 a 2015, por país (arriba) y por tecnología (abajo). Fuente: IRENA.

Figura 23: Curva de precio de venta y precio de compra. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Figura 24: Fuentes de energía, costo de producción y nivel de consumo. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Figura 25: Producción de energía por fuente. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Figura 26: Áreas de licitación. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Figura 27: Aplicación móvil de Nord Pool. Fuente: Web de Nord Pool Group.

Figura 28: Ahorros del programa PROCEL. Fuente: PROCEL.

Figura 29: Operaciones Proesco. Fuente: BNDES.

Figura 30: Porcentaje de autosuficiencia energética. Fuente: IEA.

Figura 31: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Dinamarca. Fuente: IEA.

Figura 32: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en China. Fuente: IEA.

Figura 33: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Brasil. Fuente: IEA.

Figura 34: Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Argentina. Fuente: IEA.

Figura 35: Balanza comercial energética de la Argentina. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de los Balances Energéticos del Ministerio de Energía y Minería.

Figura 36: Evolución de las reservas comprobadas de petróleo en la Argentina. Fuente: Ministerio de Energía y Minería.

Figura 37: Evolución de las reservas comprobadas de gas natural en la Argentina. Fuente: Ministerio de Energía y Minería.

Figura 38: Inversión europea en redes inteligentes según Smart Grid Projects Outlook 2017. Fuente: Comisión Europea.

Figura 39: Inversión de Estados Unidos en redes inteligentes. Fuente: The Statistics Portal.

Figura 40: Inversión en Investigación y Desarrollo en relación al PBI. Fuente: UNESCO.

Figura 41: Inversión en Investigación y Desarrollo en USD de Dinamarca, China, Brasil y Argentina. Fuente: UNESCO.

Figura 42: Inversión en Investigación y Desarrollo en USD de Dinamarca, Brasil y Argentina. Fuente: UNESCO.

Figura 43: Consumo de Electricidad per Cápita (MWh/cápita) en Dinamarca y Brasil. Fuente: IEA.

Figura 44: Consumo de Electricidad per Cápita (MWh/cápita) en Argentina y China. Fuente: IEA.

Figura 45: PBI per cápita en USD histórico de Dinamarca. Fuente: Tradingeconomics.com / Banco Mundial.

Figura 46: PBI per cápita en USD histórico de China. Fuente: Tradingeconomics.com / Banco Mundial.

Figura 47: Precio de la electricidad para hogares en Dinamarca en centavos de Euro por Kw/hora. Fuente: The Statistics Portal.

Figura 48: Precio global de la electricidad 2017 en USD por Kw/hora. Fuente: The Statistics Portal.

## 10. Índice de Tablas

Tabla 1: RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) 2017 comparando Eficiencia Energética, Acceso a la Energía, y Energías Renovables. Fuente: Banco Mundial.

Tabla 2: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso danés. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso chino. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso brasilero. Fuente: elaboración propia.

Tabla 5: Resumen de las principales medidas consideradas para el caso argentino. Fuente: elaboración propia.

## 11. Fuentes y Bibliografía

### 11.1. Fuentes Informativas

- International Energy Agency, *Atlas of Energy* <http://energyatlas.iea.org>
- Periódico online BBC, <http://www.bbc.com>
- Web Regulatory Indicators for Sustainable Energy, <http://rise.esmap.org>
- Periódico online Es Global, [www.esglobal.org](http://www.esglobal.org)
- Bloomberg New Energy Finance online, [www.bnef.com](http://www.bnef.com)
- National Bureau of Statistics of The Republic of China online, [www.stats.gov.cn](http://www.stats.gov.cn)
- Periódico online Brasil Económico, [www.brasileconomico.ig.com.br](http://www.brasileconomico.ig.com.br)
- Periódico online Energía Estratégica, <http://www.energiaestrategica.com>
- Periódico online El Cronista, [www.cronista.com](http://www.cronista.com)
- Periódico online Las Nación, [www.lanacion.com.ar](http://www.lanacion.com.ar)
- Web del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, <http://www.mincyt.gob.ar>
- Web del Nord Pool Market, [www.nordpoolgroup.com](http://www.nordpoolgroup.com)
- Web de la World Wind Energy Association, <http://www.wwindea.org/>
- Web de PROCEL, <http://www.procelinfo.com.br>
- Web Redes Inteligentes Brasil, [www.redesinteligentesbrasil.org.br](http://www.redesinteligentesbrasil.org.br)
- Periódico Online Energía y Negocios, [www.energiaynegocios.com.ar](http://www.energiaynegocios.com.ar)
- U.S.- Argentina Binational Energy Working Group (BEWG), Seminario sobre Redes Inteligentes, 6 de Septiembre del 2012, Bs. As., Argentina
- Balances energéticos en la Web del Ministerio de Energía y Minería, [www.energia.gob.ar](http://www.energia.gob.ar)
- Web Statista.com, [www.statista.com](http://www.statista.com)
- Periódico Online Télam, [www.telam.com.ar](http://www.telam.com.ar)
- Periódico Online Infobae, [www.infobae.com](http://www.infobae.com)
- Web de la UNESCO Institute for Statistics, [uis.unesco.org](http://uis.unesco.org)

- Web de Exergy, [www.lo3energy.com](http://www.lo3energy.com)
- Web de Trading Economics, [www.tradingeconomics.com](http://www.tradingeconomics.com)

## 11.2. Bibliografía

- Marcelino Madrigal, Robert Uluski y Kwawu Mensan Gaba (2017), *Practical Guidance for Defining a Smart Grid Modernization Strategy*, estudio realizado por el World Bank Group, Washington
- Gangale F., Vasiljevskaja J., Covrig F., Mengolini A., Fulli G., (2017), *Smart grid projects outlook 2017: facts, figures and trends in Europe*, estudio realizado por Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service, Unión Europea
- European Investment Bank (2010), *Public and private financing of infrastructure*, publicado por The Economic and Financial Studies Division of the European Investment Bank, Unión Europea
- Feng Xiufeng (2016), *Smart Grid in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment*, publicado por The Energy Bar Association
- Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma del de la República Popular China (2012), *12º Plan Quinquenal (2011 al 2015)*, República Popular China
- Energy Research Institute National Development and Reform Commission (2015), *China 2050 High Renewable Energy Penetration Scenario and Roadmap Study Executive Summary*, República Popular de China
- Eletrobras, *Strategic Plan Eletrobras System 2010-2020*, Brasil
- Gustavo Gil (2016), *Redes Inteligentes y Energías Renovables Modelo de inserción de la Generación Distribuida en distribuidoras locales*, Tesis de Maestría de la Universidad Católica de Ávila y SEAS Estudios Abiertos, Buenos Aires
- Vinther, D., Dreyer, P., Troi, A., Aagaard, L., Tang, J., Nielsen, S-P., ... Schultz, R. (2011), *The Smart Grid Network: Summary and recommendations*, Dinamarca
- Ministerio Danés de Energía (2014), *Denmark's National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP)*, Dinamarca
- Ministerio de Minas y Energía (2011), *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2030*, Brasil
- Farunhofer Chile Research (2014), Investigación, *Desarrollo y Aplicación de Redes Inteligentes de Energía (Smart Grid): Proyecto Smartcity Santiago*, Chile