



# ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## CONFERENCIA DE INCORPORACIÓN

---

### LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS, EL PROGRESO Y EL AMBIENTE

Ing. Antonio A. Cadenas  
Académico de Número



BUENOS AIRES  
ARGENTINA

2021

# ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## CONFERENCIA DE INCORPORACIÓN

---

### LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS, EL PROGRESO Y EL AMBIENTE

Ing. Antonio A. Cadenas  
Académico de Número



BUENOS AIRES  
ARGENTINA

2021



# ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## **PRESIDENTE HONORARIO**

Oscar A. Vardé

## **MESA DIRECTIVA (2020-2022)**

### **Presidente**

Manuel A. Solanet

### **Vicepresidente 1º**

Máximo J. Fioravanti

### **Vicepresidente 2º**

Oscar U. Vignart

### **Secretario**

Tomás A. del Carril

### **Prosecretaria**

Patricia L. Arnera

### **Tesorero**

Gustavo A. Devoto

### **Protesorero**

José Luis Rocés

# ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## **ACADÉMICOS EMÉRITOS**

Juan S. Carmona  
Osvaldo C. Garau  
René A. Dubois  
Eduardo A. Pedace  
Conrado E. Bauer  
Rodolfo F. Danesi  
José P. Abriata  
Augusto C. Noel

# ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## ACADÉMICOS TITULARES <sup>1</sup>

Oscar A. Vardé  
Luis U. Jáuregui  
Raúl A. Lopardo  
Ricardo A. Schwarz  
Manuel A. Solanet  
Francisco J. Sierra  
Tomás A. del Carril  
Rodolfo E. Biasca  
Eduardo R. Baglietto  
Arístides B. Domínguez  
Alberto Giovambattista  
Carlos D. Tramutola  
Noemí E. Zaritzky  
Gustavo A. Devoto  
Patricia L. Arnera  
Raúl D. Bertero  
Máximo J. Fioravanti  
Miguel A. Beruto  
Oscar U. Vignart  
Ezequiel Pallejá  
Osvaldo J. Postiglioni  
Luis A. de Vedia  
Javier R. Fazio  
José Luis Roces  
Roberto S. Carnicer  
Raúl S. Escalante  
Antonio A. Cadenas  
Nicolás Gallo  
Mario Solari  
César Arias  
Hipólito A. Choren

---

<sup>1</sup> Ordenados según antigüedad.



# **LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS, EL PROGRESO Y EL AMBIENTE**

## **CONTENIDO**

### **INTRODUCCIÓN**

- 1. LA ENERGÍA Y EL DESARROLLO HUMANO**
  - 2. LA ENERGÍA Y EL CUIDADO AMBIENTAL**
  - 3. LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA**
  - 4. EFICIENCIA E INTENSIDAD ENERGÉTICA**
  - 5. REACCIONES ANTE LA INEFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL E INTENSIDAD ENERGÉTICA**
  - 6. LA NECESIDAD DE AUMENTAR DRÁSTICAMENTE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE DISMINUIR LA INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LA ECONOMÍA**
  - 7. LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN**
  - 8. LOS AVANCES EN EL EQUIPAMIENTO**
  - 9. EL AVANCE DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS INTERCONECTADOS MODERNOS A NUEVOS SISTEMAS ENERGÉTICOS INTEGRADOS**
  - 10. EL AVANCE TECNOLÓGICO DESTACABLE DE UTILIZAR EL CO<sub>2</sub>**
  - 11. LOS NOTABLES AVANCES PARALELOS DE LAS POLÍTICAS Y DE SUS INSTITUCIONES**
  - 12.- EL SURGIMIENTO DE INNOVACIONES EN EL CAMPO DE LA ECONOMÍA Y LA PLANIFICACIÓN**
  - 13. LA PLANIFICACIÓN Y LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EUROPA Y EEUU**
  - 14. LA SITUACIÓN EN ARGENTINA**
    - 14.1. HISTORIAL DE LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ARGENTINA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS**
    - 14.2. LA CONTINUACIÓN DEL DESARROLLO ENERGÉTICO EN ARGENTINA**
  - 15. EL DESAFÍO QUE SE PRESENTA EN ARGENTINA PARA RECUPERAR EL AVANCE QUE CORRESPONDE A LOS RECURSOS DISPONIBLES**
  - 16. UNA VISIÓN A EXAMINAR**
    - 16.1. LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO**
    - 16.2. LA DIGITALIZACIÓN**
  - 17. LA CONCRECIÓN DE LA VISIÓN EXPUESTA**
- FUENTES DEL TRABAJO**



# LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS, EL PROGRESO Y EL AMBIENTE

Ing. Antonio A. Cadenas  
Académico de Número

***“La pandemia de COVID-19 ha debilitado la economía europea y socava la prosperidad de los ciudadanos y de las empresas de Europa”.***  
***“La transición hacia un sistema energético más integrado es de vital importancia para Europa, ahora más que nunca”***

COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN EUROPEA AL PARLAMENTO  
Bruselas, 8/7/2020 COM (2020) 299

## INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia tener en cuenta que al mismo tiempo que la energía es un factor fundamental en el desarrollo humano, también lo es en el deterioro ambiental, con grave perjuicio para la civilización, si no se evita la contaminación y daño que producen los combustibles fósiles. Este trabajo tiene la intención de promover el estudio de objetivos, de planes y de políticas energéticas adecuadas para el cuidado ambiental y el desarrollo.

Esta visión tiene ahora más significación a efectos de contribuir a la recuperación económica como consecuencia de la pandemia, como lo ha hecho notar la Comisión de la Unión Europea.

El trabajo expone los desaciertos en la protección del ambiente que subsisten por la utilización de la energía con bajas eficiencias, con descontrol de la intensidad energética de diversos procesos y en las pérdidas de energía, evitables por usos superfluos. Se destaca entre ellos, el proceso de suministrar la energía fósil a los usuarios finales, con sus configuraciones de transporte y de su distribución.

A su vez por otra parte, muestra los grandes avances en las tecnologías energéticas, en la digitalización respectiva y en nuevos combustibles, que están ocurriendo en los países avanzados.

Asegurar la necesaria coherencia entre las políticas de energía, de desarrollo y de cuidado ambiental para lograr el resultado deseado de progresar, requiere principalmente lograr la actuación en sinergia entre los sectores y actores de cada sector

Las consideraciones y datos que se incluyen son conocidos generalmente por los profesionales de entidades y organismos estatales y privados de Argentina, y ya tenidos en cuenta dentro de lo limitado que les ha sido posible, como se observa en las publicaciones realizadas, que se citan en este trabajo. El aporte está orientado a un ordenamiento conceptual, que es, a su vez, un lineamiento de las acciones necesarias.

Al autor le ha parecido oportuno entregar a la Academia Nacional de Ingeniería el archivo digital de la bibliografía citada como fuente del trabajo, y presentar sus obser-

vaciones a sus Institutos de Energía y del Ambiente para su consideración, sobre todo en lo concerniente a la planificación para el desarrollo de nuestra nación.

## 1. LA ENERGÍA Y EL DESARROLLO HUMANO

La lámina que sigue muestra, en una síntesis gráfica, que el desarrollo de la humanidad ha estado atado y continúa atado a la energía externa y a las sinergias de los esfuerzos humanos.



El concepto de sinergia, con el cual se titula la lámina, como conjunción humana de esfuerzos, de trabajo y de energía propia para aprovechar energía externa con el objeto de desarrollarse y progresar, es un concepto que este trabajo propone considerar primordial, emblemático, en la evolución de la humanidad.

En efecto, la escasa fuerza de los seres humanos, su escasa energía disponible, se ha apalancado con energía externa a lo largo de toda la historia para desarrollarse; además, todo muestra actualmente que la energía continuará siendo el medio externo más poderoso para apalancar la propia capacidad humana.

Si bien la energía externa ha sido y es aprovechada individualmente, ha ocurrido el notable hecho que la voluntad humana y su pequeña energía propia, muy aumentada con la energía externa, han mancomunado el accionar humano para el desarrollo, tanto conjunto como individual.

La energía externa ha intervenido así no solamente para apalancar la energía individual, sino como una suerte de catalizador para mancomunar la acción humana conjunta, constituyendo un fenómeno que no se ha dado en los otros innumerables seres vivos con tan elevada intensidad y de manera voluntaria.

Tal fenómeno de mancomunar esfuerzos es precisamente el proceso de sinergias para vivir y desarrollarse conjuntamente con mayor intensidad y rapidez, que a la vez asegura igualmente el desarrollo individual. El rol de la energía externa resulta así primordial como catalizador de las sinergias de los esfuerzos humanos y para apalancarlos. Al respecto, se volverá al final al tratar el desarrollo nacional.

(Nota: En contraposición al accionar sinérgico, ha existido y existe el accionar antagonístico, que usa la energía propia y externa para prevalecer, pero causando grandes dificultades y sin casos históricos de evolución positiva concretada permanentemente. También existe la disergia, que es el accionar desganadamente, sin realmente accionar, como extensión al desempeño humano del fenómeno patológico correspondiente a la flaccidez muscular, lo cual es posiblemente un mal muy extendido)

La lámina de este punto hace ver claramente el estrecho vínculo de la utilización de la energía externa con el desarrollo humano. Así, la primer parte muestra el paralelismo del crecimiento de la población humana mundial con la utilización de la energía externa. A su vez, la segunda parte muestra que el Índice del Bienestar Humano, que mide la ONU en función de diversos factores, se halla vinculado estrechamente con la utilización de la energía.

Una primera consideración es el hecho que Argentina tiene menos utilización de la energía externa que otras naciones similares de mucho mayor índice de bienestar, mostrando con evidencia la necesidad de ponerse objetivos de incrementar la buena utilización de la energía que se dispone para mejorar el nivel de bienestar y de establecer políticas energéticas, ambientales y de desarrollo coherentes a tal efecto. Al respecto, como se ha anticipado más arriba, al final se volverá al respecto con una mayor visión de la problemática y de la situación, que desea mostrar el trabajo.

Otra consideración que nace es que algunos países tienen menor nivel de desarrollo que otros similares y con también similar uso de energía. Tal situación muestra que para crecer el nivel de desarrollo y el bienestar, además de crecer la utilización de la energía, se necesita considerar otros factores. Esa observación ha conducido a agregar en la lámina que para progresar se requiere mucho más que solo aumentar la utilización de la energía.

En tal sentido, además de apalancar más con sinergias y energía externa para el desarrollo, ya había sido expuesto por distinguidos Académicos que es necesario tener en cuenta el correcto comportamiento y la necesaria planificación.

Naturalmente, la planificación consiste en ponerse los objetivos a lograr, planificar como lograrlos, teniendo en cuenta el cuidado ambiental y la eficiencia, y establecer las políticas a seguir para que el plan se pueda concretar, todo ello sustentable por los valores del comportamiento en todos sus aspectos. Precisamente, los valores de cuidado ambiental no han sido tenidos en cuenta suficientemente como indica la lámina siguiente, causando daños ambientales.

## **2. LA ENERGÍA Y EL CUIDADO AMBIENTAL**

Claramente no hemos observado bien el escenario hasta hace muy poco tiempo. En poquísimos años gastamos una proporción de energía fósil que pone en riesgo su disponibilidad en tiempos cercanos, olvidando que esa energía fue acumulada en millones de años y que pertenece a todas las generaciones. En consecuencia, las políticas y las tecnologías aplicadas a los combustibles fósiles no han sido las convenientes y hemos estado dañando el ambiente sin advertirlo.

Es cierto que todavía se discute si el daño ambiental ocurre solamente por las emisiones de los combustibles fósiles o además por causas cósmicas incontrolables.

Como la contaminación que producen los combustibles fósiles es una realidad ya demostrada, carece de sentido esa discusión a los fines prácticos, pues el control de las emisiones de los combustibles es lo único que podemos realizar al respecto.



Ante la realidad, ha habido una rápida respuesta. Se han establecido disposiciones legales restrictivas de la contaminación y de mayor eficiencia energética en la conversión de las energías fósiles primarias a electricidad y en las tecnologías de aplicación electro y termo-mecánicas; también se ha tratado de suplantar energía fósil por energías renovables.

Sin embargo, todo ello no ha bastado; a penas se puede pretender una eficiencia global del orden de 30,5% en el 2030 con las políticas establecidas, como se ha planteado últimamente. Es decir, el problema de desperdicio de la energía externa parece que persistirá por largo tiempo. ¿Dónde más está el problema más allá de las tecnologías de transformación energética de los combustibles fósiles y de las tecnologías de utilización, para evitar mejor la contaminación?

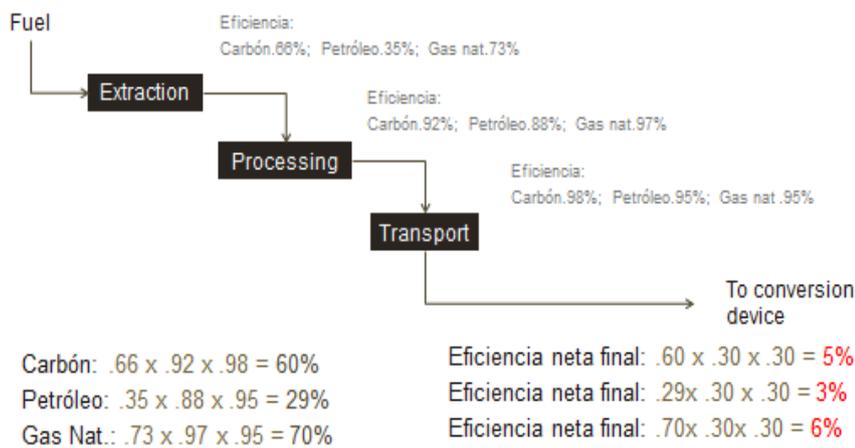
### **3. LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA**

Cuando se analiza el proceso que se lleva a cabo con los combustibles fósiles y toda la logística que implica su suministro a los usuarios, llama la atención la cantidad de etapas o pasos que se realizan desde la búsqueda y extracción de los combustibles hasta su utilización. También llama la atención que no siempre es categórica la información sobre la energía consumida en cada etapa y por el conjunto de las etapas; parecería que no se está prestando suficiente atención a la intensidad energética requerida para suministrar energía fósil a los consumidores o su inversa, que la eficiencia energética de tal proceso de proveer energía a los usuarios no ha merecido la misma atención para mejorarla, que los equipos de utilización de la energía y de generación de electricidad.

A falta de abundantes datos seguros de eficiencia de las diversas etapas de suministro de la energía fósil y adoptando eficiencias altas de 90% en cada etapa y la normal media todavía actual de 30% para la conversión a electricidad y de 30% para

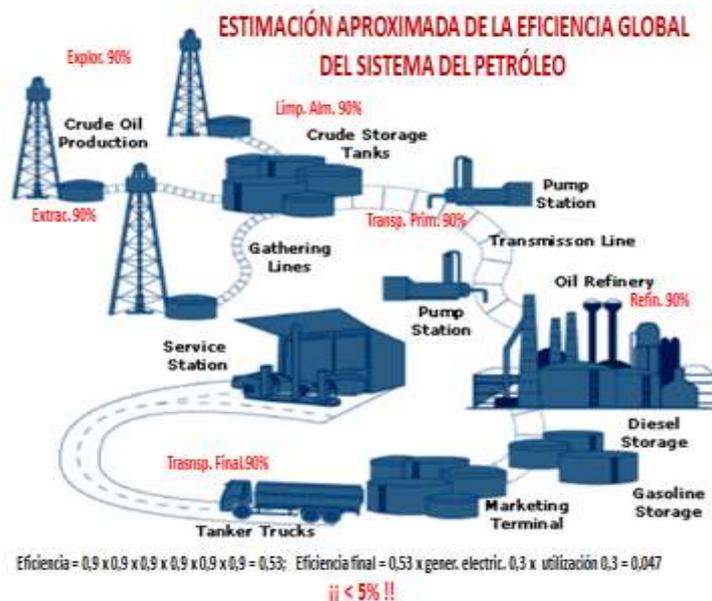
los equipos, maquinarias y aparatos de utilización final, resulta, de una presentación de National Energy Strategy en EEUU, la lámina siguiente con una eficiencia global bajísima, del orden de 5% a 6% para los procesos globales con petróleo y gas natural.

### SÍNTESIS DE LA EFICIENCIA PRIMARIA Y FINAL CON LOS SISTEMAS ACTUALES DE TODOS LOS COMBUSTIBLES FÓSILES, SEGÚN UN ESTUDIO EN EEUU

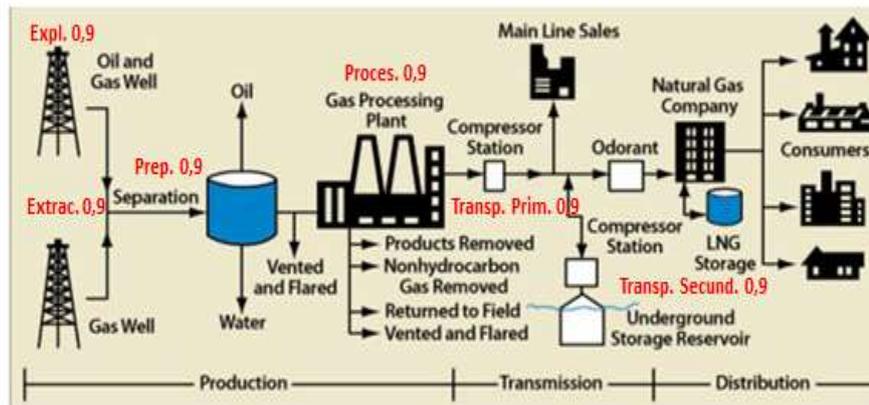


Fuente: National Energy Strategy, Executive Summary

A su vez, las mismas eficiencias máximas de 90% en cada etapa, puestas en láminas de archivos de EEUU, hacen ver esas eficiencias globales de 3% a 6%, como indican las dos figuras siguientes para el suministro de petróleo y gas a los centrales e industrias y usuarios, al tener en cuenta las eficiencias de la etapa final de conversión a energía mecánica o eléctrica del orden de 30% en las centrales de generación de electricidad y de otros 30% en la aplicación final:



## ESTIMACIÓN APROXIMADA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS SISTEMAS DE GAS NATURAL

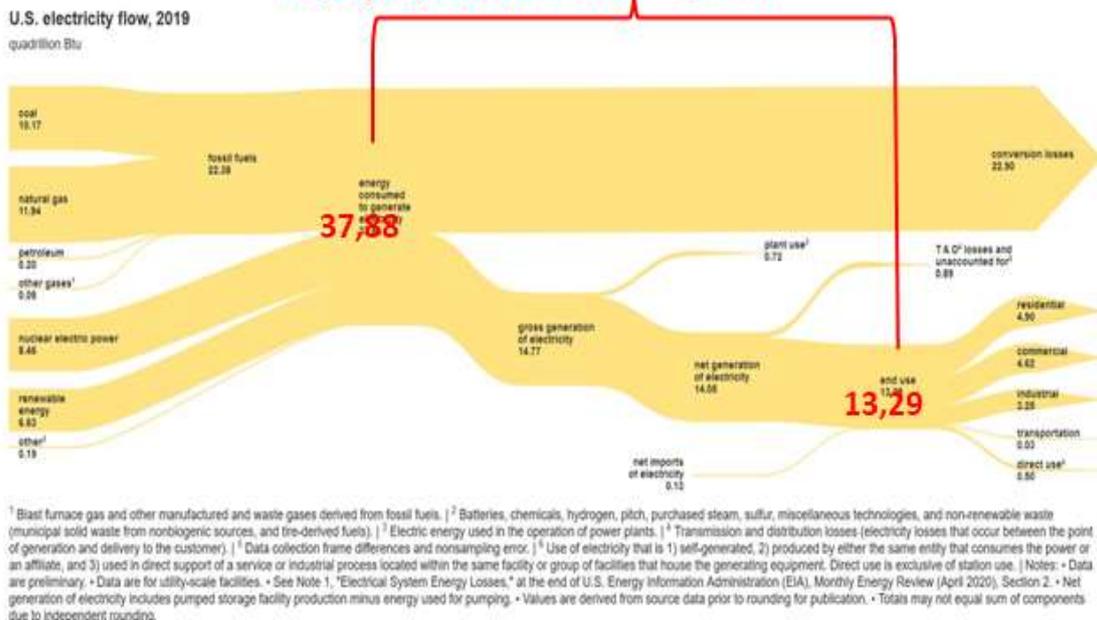


Eficiencias teóricas estimadas desde Exploración hasta el uso final de Gas Natural  
 $\text{Explorac.} 0,9 \times \text{Extrac.} 0,9 \times \text{Prep.} 0,9 \times \text{Transp. Pr.} 0,9 \times \text{Proces.} 0,9 \times \text{Transp. Sec.} 0,9 = 0,53$   
 Con Eficiencia Uso final = 0,30; EFICIENCIA GLOBAL TÉRMICA =  $0,53 \times 0,30 \times 100 = 4,7\% !!!$

También una verificación, extraída del flujo de electricidad de EEUU, confirma la misma situación de bajísima eficiencia global:

### VERIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE SISTEMAS DE GAS EN EEUU

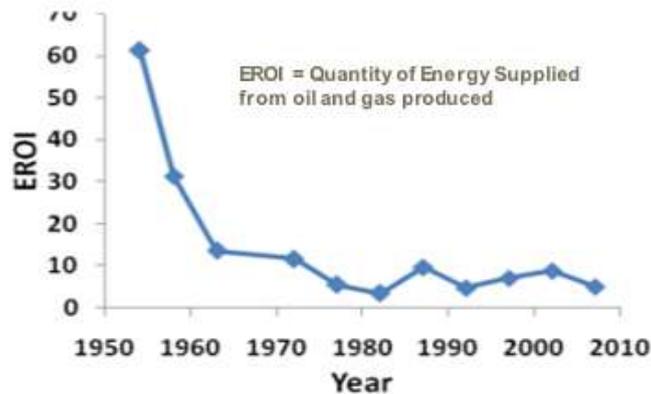
$13,29 / 37,88 \times 30\% \times 30\% = 3\% !!!?$



Finalmente el índice llamado EROI (Earning Return on Energy Invested) confirma igualmente la bajísima eficiencia global actual, en la siguiente figura, que permite observar que anteriormente se gastaba del orden de 10 a 20% de energía de combustibles para obtener su 100% de energía y que actualmente ocurre al contrario, se gasta entre 80 a 90% de energía para disponer del mismo 100%.

## LA SITUACIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL EMPEORA A MEDIDA QUE SE HACE MÁS DIFÍCIL LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS

La caída en el retorno de energía respecto de la energía invertida



También es de hacer notar que medido en el índice EROI, las energías eólicas y solares resultan con muy baja rentabilidad, al tener en cuenta la energía consumida por su proceso de fabricación, instalación y operación de los equipos. Vale decir, los materiales, la fabricación, instalación y mantenimiento de esos equipos requieren todavía una menor intensidad energética fósil. Lo mismo ocurre además con la energía nuclear, que es la de peor EROI. Al contrario la energía hidroeléctrica tiene la más alta rentabilidad en energía, superior al 80%.

#### 4. EFICIENCIA E INTENSIDAD ENERGÉTICA

Aunque eficiencia e intensidad energética son conceptos correlacionados, conocidos por todos, no siempre se los distingue y aprecia claramente a los efectos del cuidado ambiental.

Para minimizar la contaminación se requiere que los equipos, maquinarias y aparatos que utilizan combustibles fósiles tengan la máxima eficiencia; es decir tengan un consumo propio mínimo de energía y de pérdidas.

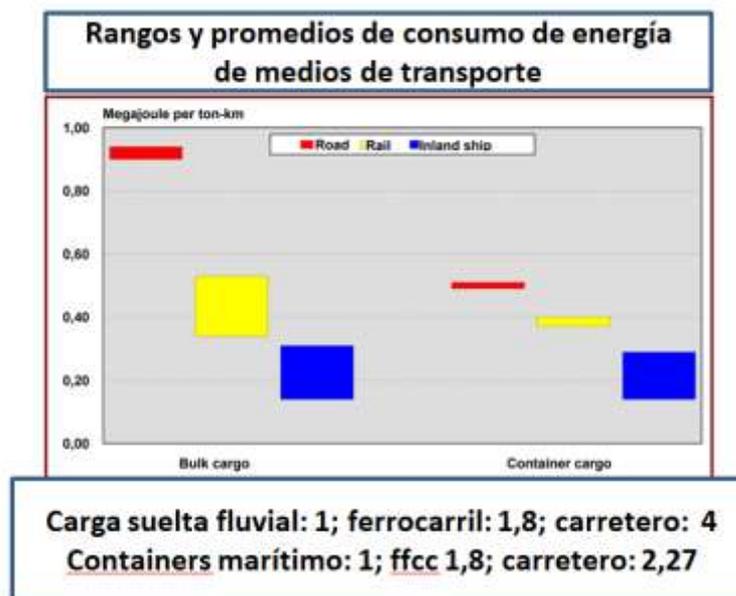
Por otro lado, también a los efectos de la mínima contaminación se requiere que los equipamientos, los procesos y los productos requieran un mínimo de energía; es decir equipamientos, productos y procesos deben de ser de mínimo requerimiento energético, o sea de mínima intensidad energética.

En síntesis, los aparatos, equipos y maquinarias deben tener la máxima eficiencia, mínimo consumo propio y mínimas pérdidas, con máxima entrega de energía; a su vez, los equipamientos, procesos y productos deben requerir la mínima energía, o sea deben ser de mínima intensidad energética.

Quizás el gran problema de la bajísima eficiencia global, con la consiguiente todavía persistente contaminación ambiental, reside en la realidad que no consideramos comúnmente que los productos nafta, gasolina, gas-oil, fuel-oil, gas natural, etc. son

productos de procesos que requieren energía para producirlos y entregarlos, y que como procesos exigen igualmente nuevas tecnologías y nueva logística de suministro con mínima intensidad energética.

Para aclarar y enfatizar aún más en la importancia que deberíamos asignar a los conceptos de eficiencia e intensidad energética, incluso en la planificación cuando se consideran los planes de desarrollo del país, se presentan a continuación los procesos de transporte de alta incidencia en la contaminación. Así, la lámina sucesiva muestra la importancia que tiene el sistema y modalidad de transporte en el escenario geográfico y productivo, particularmente en el caso de Argentina, que al tener una elevada extensión para el transporte, resulta imprescindible la elección del correcto sistema de transporte, para minimizar la intensidad energética requerida por ese proceso, maximizar la eficiencia y proteger el ambiente. Precisamente este es uno de los temas a considerar con el concepto de sinergias ya anticipado, como se tratará de hacer para Argentina en la parte final de este trabajo:



Como se observa el transporte carretero gasta sensiblemente más energía que el transporte ferroviario, fluvial o marítimo, con la consecuente implicancia ambiental, todo lo cual tiene su mayor o menor incidencia en el desarrollo y bienestar en función del escenario propio de cada país, y así mayor en Argentina por su superficie, distribución de la densidad poblacional y ubicación de las fuentes energéticas respecto de los grandes consumos.

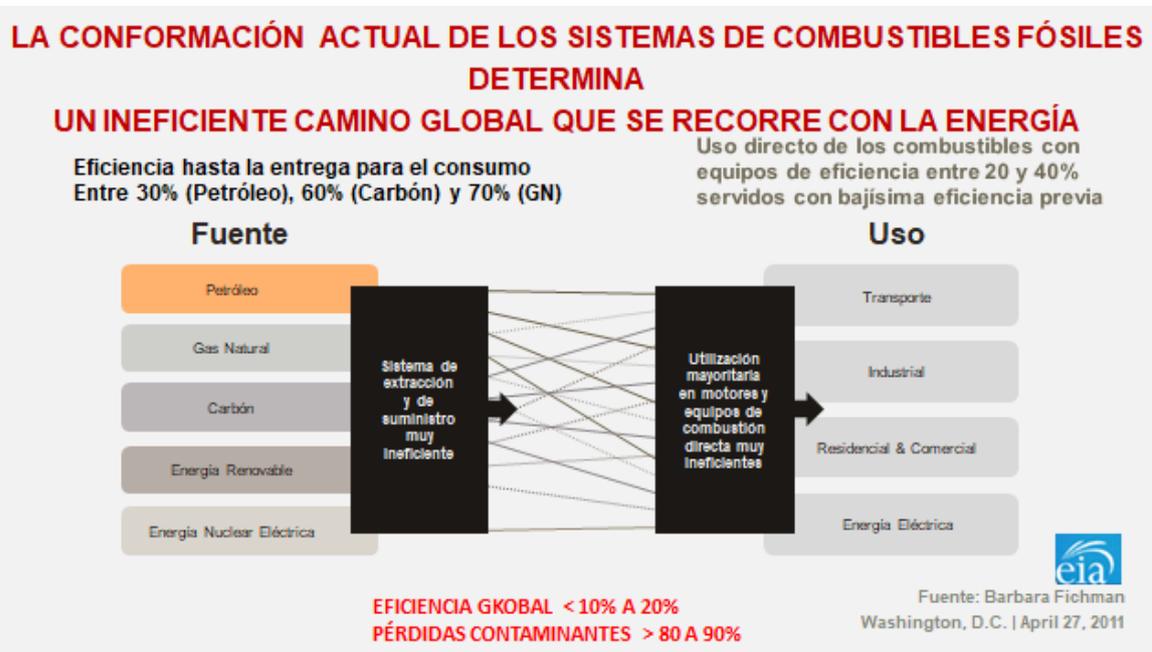
La figura siguiente es una caricatura de la realidad de un automóvil común: a) entran 100% de energía del combustible y el automotor aprovecha solo 12,6% para moverse, por pérdidas en su motor y por fricciones internas y externas; b) pero si se tiene en cuenta que el combustible recibido, ya había perdido 70% de energía desde la extracción, resulta que la eficiencia global para este automotor es de 3,6%. A su vez, la caricatura hace ver que si se transporta un solo pasajero, la intensidad energética del proceso de transporte es elevadísima; ni siquiera con 4 o más pasajeros se obtiene una intensidad energética razonable.

MUY ABSURDA EFICIENCIA GLOBAL  
E  
INTENSIDAD ENERGÉTICA  
¡¡CARICATURA DEL COMPORTAMIENTO HUMANO DAÑINO!!



## 5. REACCIONES ANTE LA INEFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL E INTENSIDAD ENERGÉTICA

Si bien las reacciones y esfuerzos para controlar y disminuir el daño ambiental que producen las tecnologías para utilizar los combustibles fósiles se concentraron principalmente en aumentar la eficiencia de los equipos, aparatos y maquinarias, y en sustituir combustibles fósiles por energías renovables, también se ha prestado atención al proceso de suministro de los combustibles fósiles desde su etapa de búsqueda y extracción hasta su etapa de utilización, por ejemplo mostrando la complejidad del sistema surgido de manera natural en la figura siguiente, donde se advierte el entrecruzamiento de los sistemas, sin un previo ordenamiento para la mayor eficiencia y minimizar la contaminación:



Si bien ocurre que los sistemas de interconexión de electricidad tienen un costo de construcción mayor en general que los sistemas de suministro de gas natural, ocurre que las pérdidas de los equipamientos, motores, máquinas y aparatos eléctricos tienen

una eficiencia arriba de 80% para potencias bajas y arriba de 90% para potencias grandes, contra eficiencias muy bajas, menores del 30% y menos, de los equipos y aparatos de uso directo de los combustibles fósiles. Por otra parte, las pérdidas del transporte de electricidad no superan el orden del 6% (datos obtenidos indican 3,5% en Argentina), contra eficiencia menor del sistema de transporte de los combustibles fósiles, llamado "down stream".

Es de mencionar que según el estudio que se está llevando a cabo en el PlanEEar, que se cita más adelante, en el documento "Diagnóstico de Producción de Petróleo y Gas", se indica que el consumo de energía "upstream" (o sea desde la extracción hasta la entrega de los combustibles para el transporte y proceso "downstream"), fue un significativo porcentaje, 9,9% del consumo final de energía fósil del país en el año 2017, sin considerar el consumo del equipamiento de vehículos, camiones y otros equipos móviles "upstream".

Para la parte "downstream" de los combustibles fósiles baste recordar que el sistema de gasoductos de Argentina tiene actualmente del orden de 1.100.000 HP, o sea más de 820 MW de potencia de bombeo en los gasoductos troncales y que el sistema del petróleo, desde la entrega para el sucesivo transporte por oleoductos y marítimo y el procesamiento final debe de estar requiriendo algo equivalente o más en potencia y energía (datos no encontrados).

Por otra parte los equipos y artefactos de uso doméstico eléctricos tienen una eficiencia netamente mayor que los artefactos de utilización directa del gas natural para el mismo servicio. Las figuras que siguen ilustran lo expuesto, mostrando las mejores eficiencias de los sistemas de utilización de electricidad, que el uso directo de gas natural.

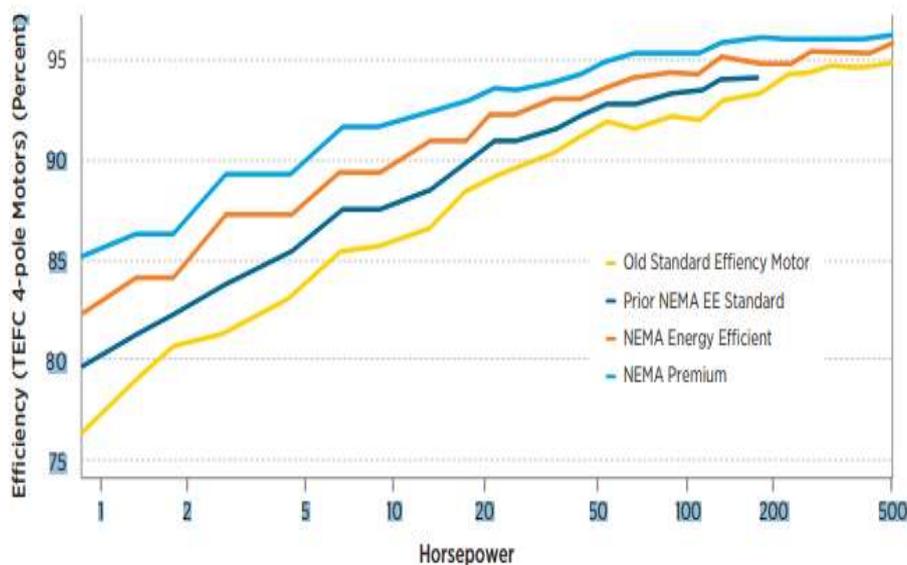
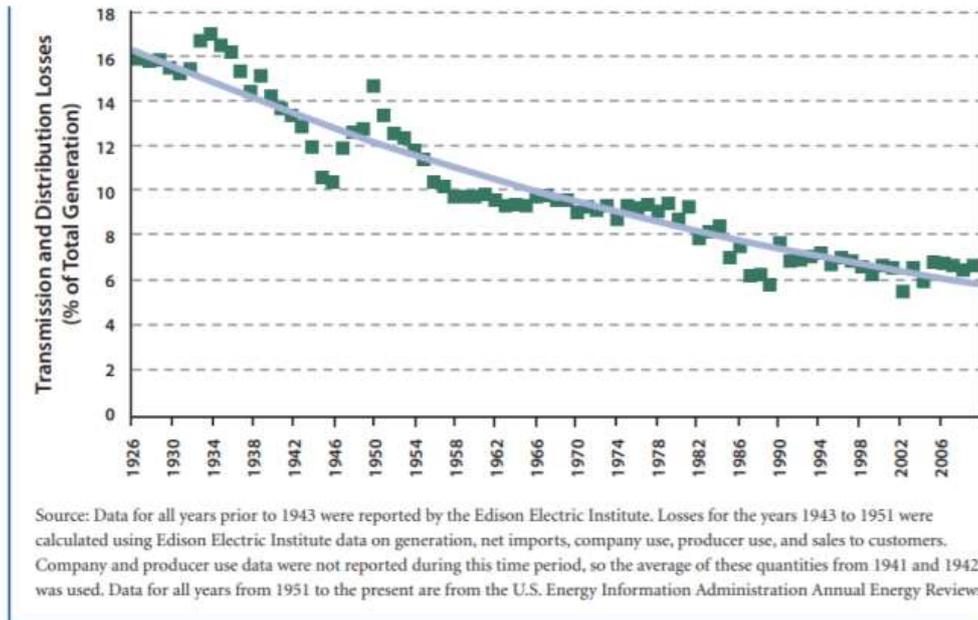


Figure 2-1. Standard, energy-efficient and premium efficiency motor performance

**Figure 1.4 U.S. Transmission and Distribution Losses, 1926 to 2009**

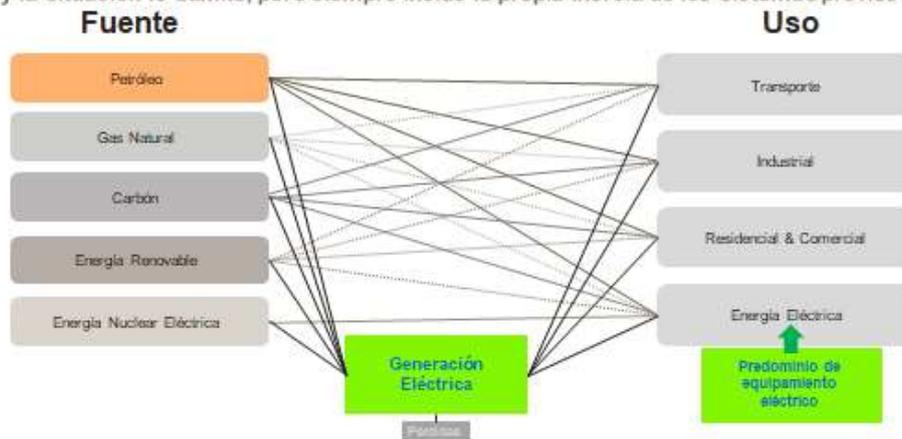


Artefacto	Rendimiento (Energía útil / neta)
Cocina a gas	0,50
Cocina Eléctrica	0,70
Calefón a gas	0,80
Termotanque a Gas	0,64
Termotanque eléctrico	0,95
Estufa a Gas	0,65
Aire acondicionado	3,32
Calefactor eléctrico	1,00

En consecuencia de lo expuesto en cuanto a consumos de energía en los sistemas de combustibles fósiles y a las eficiencias en los equipos, se puso de manifiesto ya hace muchos años, la conveniencia de disminuir el uso directo de los combustibles fósiles y concentrar al máximo el uso de la electricidad; así, en una conferencia de hace ya varios años atrás surgió la configuración que expone la figura siguiente, concentrando el mayor uso de los combustibles en generar electricidad, aunque manteniendo conducciones menores para uso directo forzosos de los combustibles fósiles:

## PREDOMINIO DE LA ELECTRIFICACIÓN PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DISMINUIR LA CONTAMINACION

Concentrar la generación de electricidad en lo posible en las áreas con combustibles fósiles, predominio de la utilización de la electricidad para lograr mucha mayor eficiencia global y concentración de CO2 para CCUS, con además mínima intensidad energética por producto deberían ser las políticas a seguir cuando la geografía y la situación lo admite, pero siempre incide la propia inercia de los sistemas previos



Indudablemente las inercias propias de los sistemas existentes, físicas, organizativas y operativas, más las limitaciones de cada país por las propias geografías, con sus fuentes de la energía fósil y ubicación de las demandas, conllevan una muy lenta transformación a sistemas más eficientes de suministro de la energía primaria fósil. Sin embargo, las realidades que exigen contener la contaminación, la aparición de nuevas tecnologías, la mayor eficiencia del aparataje eléctrico y el surgimiento de los automotores eléctricos van conduciendo a una mayor electrificación de las utilidades de la energía, y a la vez a pensar en la configuración de los sistemas energéticos y en la ubicación de los grandes consumos industriales, para lograr el mínimo consumo propio de los sistemas de transporte y distribución de la energía y mínima contaminación.

Es de hacer notar que hay países como Argentina que se hallan en una mucho mejor situación para avanzar en la concentración de la generación de electricidad con energía fósil y en maximizar la electrificación, en sinergia con su desarrollo, si se aprovecha su geografía y sus posibilidades de desarrollo, como se tratará de señalar al final.

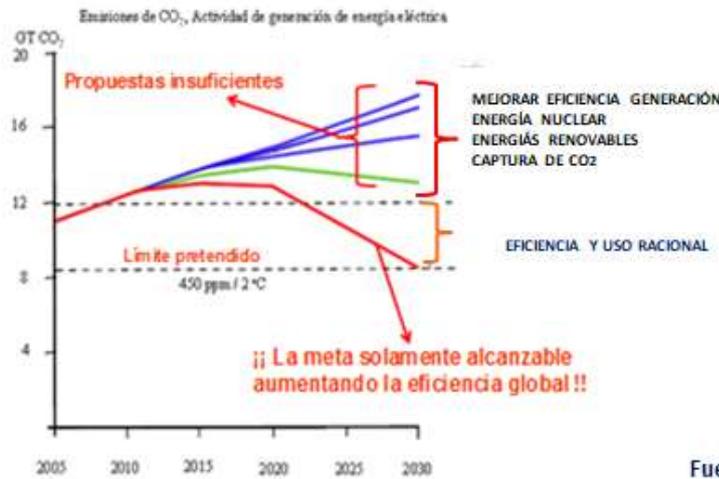
### 6. LA NECESIDAD DE AUMENTAR DRÁSTICAMENTE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE DISMINUIR LA INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LA ECONOMÍA

Son numerosos los estudios sobre la necesidad de disminuir la contaminación ambiental, liderada desde el inicio por la IPCC de la ONU, con énfasis en el daño producido por el consumo de los combustibles fósiles. Al respecto, como antes señalado, se ha buscado de inmediato y se busca aumentar la eficiencia de conversión de la energía primaria a la energía de utilización, sea eléctrica o mecánica, aumentando la eficiencia de los equipos, aparatos, máquinas y centrales de generación de electricidad y procurando sustituir los combustibles por energías renovables. Sin

embargo, no se observa igual avance en mejorar la eficiencia de la logística de suministrar los combustibles fósiles, como también se ha indicado.

Ya años atrás la IEA (International Energy Agency) de la OECD había señalado que era imposible limitar la contaminación a las metas establecidas sin mejorar drásticamente la eficiencia total. Al respecto el gráfico que sigue del año 2009 ya era categórico:

**CLARO SIGNIFICADO DE LA EFICIENCIA GLOBAL Y USO RACIONAL:  
IMPOSIBILIDAD DE CUMPLIR LAS METAS DE EMISIÓN DE CO2 SIN  
CORREGIR LA EFICIENCIA**



En los esfuerzos para aumentar la eficiencia de los equipos, máquinas y aparatos, hay que tener en cuenta que la eficiencia aumenta en función del aumento de la temperatura de transformación de la energía térmica de los combustibles en energía mecánica y así en eléctrica, por lo cual hay límites en la eficiencia a alcanzar, determinados por los límites de temperatura soportables por los metales y por todos los materiales.

Lo visto hasta aquí hace observar que por el lado solamente de aumentar la eficiencia de máquinas y aparatos al máximo admitido por los materiales, no se alcanza la eficiencia global necesaria para eliminar totalmente el riesgo ambiental y que en consecuencia debe actuarse también sobre todos los otros factores de la contaminación, a saber: a) disminuir la elevada intensidad energética actual de los sistemas de suministro de energía fósil; b) disminuir la intensidad energética de todos los consumos, insumos y actividades; c) aumentar el EROI (Tasa de Retorno Energética o TRE) de todos los combustible y procesos energéticos; d) sustituir los combustibles fósiles en lo posible por energía de alta TRE/EROI; y e) capturar, secuestrar y utilizar los contaminantes.

Las observaciones contenidas en este párrafo se vinculan a lo que más adelante se verá sobre la "economía circular", mencionándose aquí para anticipar que ello implica la necesidad de disminuir la intensidad de consumo también de otros recursos naturales de alta intensidad energética para su obtención, suministro y utilización.

Aunque la economía circular se menciona más adelante, para incluirla como uno de los nuevos componentes a considerar al tratar las políticas energéticas, de desarro-

llo y ambientales, obviamente su tratamiento detallado excede los objetivos de este trabajo, bastando mencionarla y señalar que implica disminuir al máximo la utilización superflua de recursos naturales y reciclarlos para disminuir la intensidad de uso de recursos en todas las actividades.

## 7. LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN

Si bien en tecnologías energéticas deben estar incluidas las tecnologías relativas a la extracción de los combustibles y a su procesamiento hasta la entrega a los consumidores finales, exponer detalles al respecto es materia de especialistas en esas actividades, por lo cual no se incluyen en este trabajo. Sin embargo corresponde mencionar que hubo también intensidad de avances para mejorar la eficiencia energética de esas tecnologías, pero corresponde observar que actualmente encuentran mayores dificultades por el agregado de la extracción de los llamados combustibles no convencionales. Al respecto, las tecnologías que se necesitan aplicar de perforaciones direccionales, muy extensas y profundas, y la necesidad de fracturar las estructuras contenedoras de los hidrocarburos, hacen prever un aumento apreciable de los consumos de energía "upstream", hasta que no se mejoren esas tecnologías.

Considerando las ventajas de la mayor electrificación, este capítulo se concentra solamente en los conceptos y en los pasos ocurridos en el desarrollo de la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica, incluyendo la evolución de las tecnologías al respecto y las nuevas problemáticas surgidas.

Se ha procurado incluir en la sola lámina siguiente la visión principal a considerar de la marcha tecnológica ocurrida:



La primitiva generación de electricidad, de principios a cerca de mitad del siglo XX, limitada a servicios menores, luego a poblaciones mayores, después a ciudades e in-

dustrias, se transformó a prestar grandes servicios públicos de electricidad con la instalación de centrales de generación con capacidad suficiente para alimentar de energía eléctrica a amplias zonas, por razones de mayor eficiencia técnica y empresaria, pero manteniendo sistemas de transmisión de la electricidad aislados de otros sistemas.

Rápidamente se advirtió la conveniencia de interconectar los sistemas para lograr mayor seguridad en los suministros de energía, mayor resiliencia en caso de fallas y la utilización más económica de las máquinas de grandes centrales de generación. Como la eficiencia de las máquinas de generación de electricidad, independientemente de su modernismo y avance tecnológico, depende siempre del nivel de carga en cada momento, resultaba obvio que convenía mantenerlas en su nivel óptimo de eficiencia, regulando su participación en suplir la demanda, lo cual se intentaba hacer sin gran resultado en los primeros tiempos. En efecto, el manejo de los sistemas de transmisión de electricidad y de las redes de distribución era enormemente complejo por la dificultad y lentitud para realizar los cálculos necesarios, no resultando posible aprovechar bien las ventajas de las interconexiones eléctricas, a pesar que ya desde mitad del siglo XX se inició el proceso de las grandes transmisiones de electricidad y de las interconexiones.

Afortunadamente, el avance tecnológico de las computadoras, para procesar modelos de funcionamiento con programas digitales, permitió calcular rápidamente los fenómenos de la transmisión de electricidad desde fines de la década de 1960 y así manejar los sistemas interconectados, que empezaron a desarrollarse con mayor rapidez en todo el mundo.

El estudio de los flujos de carga de los sistemas y redes de electricidad, de la capacidad disponible, los estudios de corto-circuitos, de estabilidad, de simulaciones para previsiones y diseños, de sobre-voltajes, etc., que antes demandaban muchísimo tiempo e imposibilidades prácticas, ahora se hacían en horas, minutos y hasta instantáneamente en línea, merced a la computación, a los algoritmos creados y a programas digitales de cálculo. Se logró al fin el despacho económico, programando el funcionamiento de las máquinas de las centrales en función de las curvas de demanda e incluso hasta en línea directamente en función de la demanda real.

Paralelamente, ese enorme avance tecnológico, recién alcanzado en Argentina en la década de 1970, también permitió medir la contaminación provocada, poniendo en evidencia que había que corregir las tecnologías energéticas.

Como ya antes expuesto, entre las varias posibilidades para solucionar el problema de la contaminación, surgió con énfasis: a) aumentar la eficiencia de generación de electricidad y de los equipamientos de utilización, lo que ha sido un gran logro; y b) sustituir combustibles fósiles con biocombustibles y con las energías eólica y solar, pero creando estas últimas nuevos problemas de manejo de los sistemas, por su intermitencia y además por aleatoriedad en el caso de la energía solar, los que están en proceso de solución con avances tecnológicos digitales.

La lámina anterior muestra que del sistema eléctrico interconectado, de tipo considerado vertical, al unir grandes centrales de generación a la demanda por intermedio de la red eléctrica, se pasó a un sistema horizontal, que agrega generación distribuida en el lado de la demanda, eólica y solar, siempre pequeña en comparación con las grandes centrales y la demanda del sistema, con la consiguiente imposibilidad de po-

der hacer el despacho económico de la energía. Los sistemas eléctricos interconectados tienen ahora la generación clásica térmica e hidráulica despachables, generación nuclear de lenta regulación (prácticamente no despachable), más solar y eólica, no despachables por su naturaleza intermitente y errática.

La situación surgida ha agregado que la generación distribuida puede cumplir dos roles, servir a la propia demanda y además entregar energía al sistema, convirtiendo a algunos consumidores también en generadores o prosumidores, aplicando la palabra inglesa surgida de prosumers. Tal fenómeno complica todavía más el manejo de los sistemas interconectados, obligando a más innovaciones tecnológicas con digitalización para manejar procesos mixtos, despachables y estocásticos, y con almacenaje de energía para aprovechar la variabilidad de la generación solar y eólica, a la vez atender mejor las fluctuaciones de la demanda. La lámina de este punto ilustra estos aspectos en su ángulo inferior derecho.

Cabe destacar el gran significado que ha tomado el almacenaje de energía, precisamente por la dificultad de manejar la variabilidad de las energías solar y eólica, al agregar la posibilidad de servir con energía almacenada, para compensar fluctuaciones en la demanda, tanto de electricidad como de gas natural u otros medios.

El almacenamiento de energía ha sido practicado desde hace muchos años, sea mediante almacenaje hidráulico en los embalses de centrales hidroeléctricas (frecuentemente empuntadas con mayor potencia instalada que la conveniente para la generación firme de cada caso) o en centrales hidráulicas específicas de bombeo. Tal modalidad de almacenaje hidráulico de energía podría tomar auge encontrando lugares adecuados para costos competitivos, pero han aparecido nuevas modalidades de almacenamiento a considerar técnica y económicamente, desde las primitivas acumulaciones mecánicas para momentáneas y pequeñas fluctuaciones de carga energética en cortos tiempos mediante almacenamiento en volantes, a almacenamientos medianos en baterías eléctricas y actualmente a almacenamientos mayores también en baterías eléctricas de gran capacidad o aire comprimido mayor y conversión a GNL, a H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, etc.

Hemos visto así el proceso de avance de la electrificación, reconocida como el proceso energético más eficaz para el desarrollo humano. En el capítulo siguiente se tratarán de presentar y describir resumidamente los avances en el equipamiento de conversión y utilización de la energía.

## **8. LOS AVANCES EN EL EQUIPAMIENTO**

En rigor el avance en los sistemas interconectados de electricidad, durante los últimos años y su complejidad, es consecuencia del avance en los equipamientos de generación y de utilización de la electricidad, así como de la digitalización y del avance en el almacenamiento de energía y en combustibles no contaminantes. La lámina siguiente trata de ilustrar al respecto, pasando a describirla de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, en lo posible:



En el ángulo superior izquierdo se pretende mostrar el proceso circular que se ha originado de extracción de recursos, generación de productos, consumo y reciclados, el cual se tratará más adelante, poniéndolo aquí en primer lugar como el emblema de todo lo avanzado.

A continuación, los avances en el equipamiento eólico de gran potencia y cuidado ambiental, buscando cada vez más la mínima intervención de combustibles fósiles en su fabricación y la máxima contribución sinérgica con las otras fuentes, como más adelante se verá. Muy similarmente han sido y continúan los esfuerzos con la energía solar, sin posibilidad de incluir en una lámina y en una descripción la multitud de avances logrados, por ejemplo aprovechamiento no solo de energía fotoeléctrica, sino además de las diferentes frecuencias del espectro de la luz solar según sus propiedades útiles para las diferentes aplicaciones. Se agregan las bombas de calor, que son equipos inversos a las refrigeradoras y equipos de aire acondicionado, pues transfieren calor externo a medios internos. Aunque las bombas de calor son utilizadas en países europeos muy fríos en invierno, no han tenido todavía difusión en Argentina, quizás por costos no competitivos y por requerir niveles de temperaturas externas para su mayor eficiencia que no son los corrientes de los lugares poblados de nuestro país.

Como gran requerimiento para el avance de las tecnologías energéticas, como ya mencionado, aparece la necesidad de digitalización que se está realizando aceleradamente en los países avanzados.

En la lámina se destaca el gas natural, como gran actor en el mundo y particularmente en Argentina, mostrando especialmente el GNL por su poder calorífico 2,3 veces mayor que el gas natural y sus consecuentes ventajas operativas.

Se menciona una posibilidad aquí olvidada, pero aprovechada en otros países con tecnologías modernas, de utilización de turbo-expansores para generar electricidad u otros usos. Como se sabe, se utilizan compresores para la conducción del gas que elevan la presión de gas a aproximadamente 60 veces la atmosférica en los gasoductos troncales, que luego se reduce en los gasoductos de suministro por etapas y finalmen-

te a ligeramente por encima de la presión atmosférica en las redes de consumo. Así como para la compresión se gasta enorme energía, la misma se puede aprovechar parcialmente con las reducciones de presión, lo cual se está haciendo en países cuidadosos de la eficiencia. Téngase en cuenta que en Argentina el bombeo en los gasoductos de Argentina requiere aprox. 820 MW (más que la generación de la nuclear de Atucha o del orden del 2 a 3% de la total generación de electricidad), por lo cual toma sentido su recuperación, aún muy parcial al reducir la presión.

En la lámina se destaca la aplicación de la energía de biocombustibles y principalmente la energía eólica y solar para generar hidrógeno mediante hidrólisis del agua, llamado así Hidrógeno Verde. Superados las dificultades de almacenamiento, de transporte y manejo del hidrógeno, o en vías avanzadas de completa superación, el hidrógeno significará el factor de energía más limpia. Al respecto, más adelante se volverá sobre proyectos de sistemas ya en marcha en países europeos, aunque la aparición del amoníaco para producir electricidad mediante células de combustible puede cambiar la orientación.

Por otra parte, también el Gas Natural y el carbón pueden generar fácilmente hidrógeno, el llamado Blue, o Hidrógeno azul. En el caso del GN, se trata de un proceso termoquímico del gas (reforming del metano) de inmediata aplicación para producir hidrógeno o alimentar las células de electricidad, más abajo descritas, para generar electricidad. En el caso de otros combustibles, del carbón por ejemplo, se genera primero syngas del cual se extraen metano e hidrógeno, monóxido de carbono combustible para el proceso u otros usos y anhídrido carbónico a capturar para secuestrarlo o reciclarlo.

La figura central de la lámina de este capítulo exalta el amoníaco como la "llave" o "maravilla" de nuevos combustibles. Si bien se venía estudiando la posibilidad de utilizar el Hidrógeno del amoníaco (NH<sub>3</sub>) desde hace tiempo, a mitad del año 2020 las investigaciones tomaron mayor resonancia al ser anunciada su aplicación concreta para el transporte por parte de reconocidas empresas europeas. En agosto del año 2020, se publicó en Dinamarca el estudio que contiene la foto de una zona de la provincia de Santa Cruz como posible lugar de producir amoníaco con energía eólica (estudio recibido el día 9 de diciembre 2020 y referido en la conferencia expuesta el día 10 de diciembre y aquí escrita). Se trata de un proceso de producir NH<sub>3</sub> mediante energía limpia (eólica, solar, hidráulica) y utilizarlo tanto como fertilizante como combustible en células de combustible. Sin duda todo una gran esperanza, merced a las células de combustible.

La concepción de las células de combustible es bastante antigua. Se asemeja a una batería corriente. Con cátodo, ánodo, electrolito y separador, pero en flujo continuo del energético y de la energía, a diferencia de las baterías conocidas, estáticas y agotables en su energía. Así, si el flujo energético es de hidrógeno, el mismo se ioniza en el electrolito, pasando los iones positivos la membrana, mientras los negativos resultan conducidos de ánodo a cátodo, generando electricidad de corriente continua y agua; la electricidad es convertida en alterna electrónicamente y separadamente de la célula de combustible.

En el caso del amoníaco, el mismo fluye igualmente, separándose el nitrógeno, que sale a la atmósfera como residuo sin dañarla, y el hidrógeno genera energía de la manera indicada previamente, con residuo de agua.

En el caso de las células funcionando con metano, el carbono generará igualmente CO<sub>2</sub>, y el hidrógeno generará energía y agua. Naturalmente, para el caso del gas natural (aprox. 98% de metano) se procura hacer previamente un reformado para extraer el CO<sub>2</sub>, aprovechando la reacción exotérmica de la célula de combustible, de manera que ese CO<sub>2</sub> sea más fácilmente capturado para su utilización.

Las potencias iniciales de las células de combustible eran ínfimas, pero se ha ido avanzando hasta estar en el orden kW y ya MW, ensamblando conjuntos, y se espera avanzar a mucha mayor potencia, siendo ya de aplicación para propulsión de automotores y para requerimientos mayores. Como se observa esta tecnología de las células de combustible, en sinergia con energías renovables para producir y utilizar amoníaco, aparece como una gran esperanza para el futuro cercano.

Una primerísima manifestación práctica ya se está dando con los automóviles eléctricos, primero híbridos, con motores normales y eléctricos con baterías recargables, después solamente eléctricos con baterías recargables y posiblemente nuevos híbridos con amoníaco o hidrógeno y células de combustibles; a la vez, automotores mayores con GNL, DME, Metanol...y así sucesivamente.

La lámina muestra dentro de los combustibles modernos al DME y al Metanol, además del biodiesel y del etanol aquí conocidos, y del Hidrógeno y Amoníaco ya mencionados. El DME (dimetiletano) es obtenido principalmente en China de la gasificación del carbón, como gas combustible de mucho mayor poder calorífico que el gas comprimido, brindando así mayor autonomía para uso por ómnibus y camiones.

El metanol puede ser utilizado directamente en motores diesel y está tomado auge como producto obtenido de la captura y utilización del CO<sub>2</sub> emitido. Existe una planta piloto en funcionamiento en Islandia que produce metanol del CO<sub>2</sub> emitido por una central geotérmica de 8 MW (visitada por un colaborador) y dos plantas en construcción para 100 MW cada una, en China y en Canadá.

La lámina comentada también incluye como novedades tecnológicas las plantas móviles y chicas de producción de GNL y GNCC (gas natural comprimido y congelado), que podría tener una gran intervención en mercados de gas natural como el de Argentina, sin necesidad de agregar gasoductos, tanto para servir lugares sin servicio de gasoductos, como para estaciones de suministro de GNL y GNCC para automotores pesados (camiones, autobuses, máquinas de construcción y agrícolas).

Finalmente se expone la gran preocupación por integrar los varios sistemas energéticos, principalmente de electricidad y de gas, como se ve en la lámina que sigue. Esa lámina muestra que ya hay preocupaciones y estudios al respecto de importantes organismos e incluso se han creado asociaciones para ayudarse tecnológicamente en los estudios y planes. De una de ellas, IEA/GOT, que se tratará más adelante, ha participado Argentina en su inicio, pero todavía sin concreciones hasta donde conocemos.

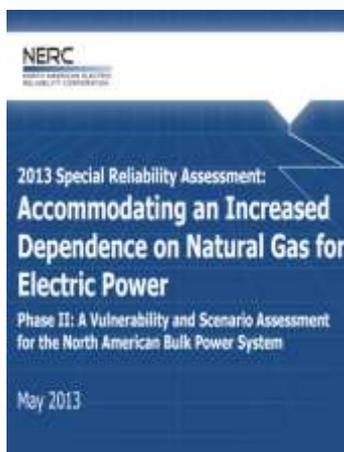
**PREOCUPACIONES POR SISTEMAS DE GAS NATURAL Y DE ELECTRICIDAD DESCOORDINADOS Y UNA NUEVA CONCEPCIÓN: SISTEMAS ELÉCTRICOS INTEGRADOS (IES) PARA MEJORAR LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS INTEGRADOS (ESI)**



**9. EL AVANCE DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS INTERCONECTADOS MODERNOS A NUEVOS SISTEMAS ENERGÉTICOS INTEGRADOS**

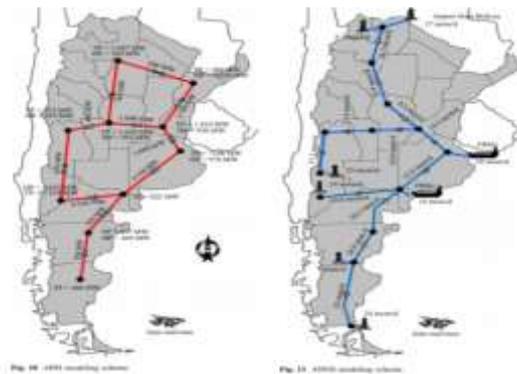
En el punto anterior se señaló la nueva preocupación nacida por la falta de coordinación entre los sistemas de electricidad y de suministro de gas natural, en las nuevas circunstancias de crecimiento de la incidencia de las centrales de generación de electricidad TG (Turbo Gas) y TGCC (Turbo Gas Ciclo Combinado). En efecto, a las fluctuaciones propias, diarias y estacionarias del consumo de gas natural, se agregan ahora las fluctuaciones de consumo de GN de las TG y TGCC, en función de la demanda de electricidad, ahora más compleja por las variaciones de las energías renovables solar y eólicas introducidas, que se han interconectado.

Esa situación condujo a estudios específicos de integración, principalmente en EEUU, como muestran las dos figuras siguientes, a efectos de obtener la máxima seguridad de los suministros, la mayor resiliencia y el menor costo de los sistemas y de la energía. Nacieron así los llamados Energy Integrated Systems (IES o ESI), Sistemas Integrados de Energía, como modernización de los Sistemas Interconectados de Electricidad.



Naturalmente, optimizar el diseño y las expansiones de los sistemas energéticos integrados, y lograr el manejo eficaz buscado, resulta muy complejo matemática y tecnológicamente, pero se ha logrado desde hace varios años y se está procediendo al respecto en los programas de manejo y expansión de EEUU y otros países avanzados.

Aquí en Argentina, se han realizado estudios en la Universidad de San Juan de integración del sistema de gas natural con el sistema interconectado de electricidad, destacándose el estudio de integración de los dos sistemas de la figura siguiente, realizado por el Dr. Ing. Diego M. Ojeda Esteybar, con la metodología y algoritmos para elaborar el plan correspondiente:



Lamentablemente, todavía no se ha prestado suficiente atención a la iniciativa de la Universidad de San Juan y del Ingeniero Ojeda.

En el mundo desarrollado en cambio, no solo se ha prestado atención a la integración de los sistemas de gas y de electricidad existentes, sino que además se estudian y planifican los futuros sistemas con producción de hidrógeno y sus redes de conducción, asignando al hidrógeno un rol fundamental para el desarrollo con tecnologías energéticas limpias, como indica la lámina siguiente:



En las innovaciones de integración de los sistemas energéticos se destaca el caso del plan en elaboración en Holanda por la Universidad de Delft, que muestra la lámina siguiente:



Como se observa en la lámina, se tiene en estudio un plan de generación eólica de electricidad en el mar y solar en tierra para producir hidrógeno por electrólisis e incorporarlo en un sistema de conducción energético que incluye gas natural del sistema europeo, electricidad de centrales de los diversos tipos y almacenamiento de energía.

La Universidad de Delft ha editado el libro que se indica en la lámina sobre Sistemas Inteligentes Integrados de Energía”.

Es de hacer notar, que en parte de los estudios participa un ingeniero con postgrado de la Universidad de San Juan, en las tecnologías digitales para ese tipo de estudios.

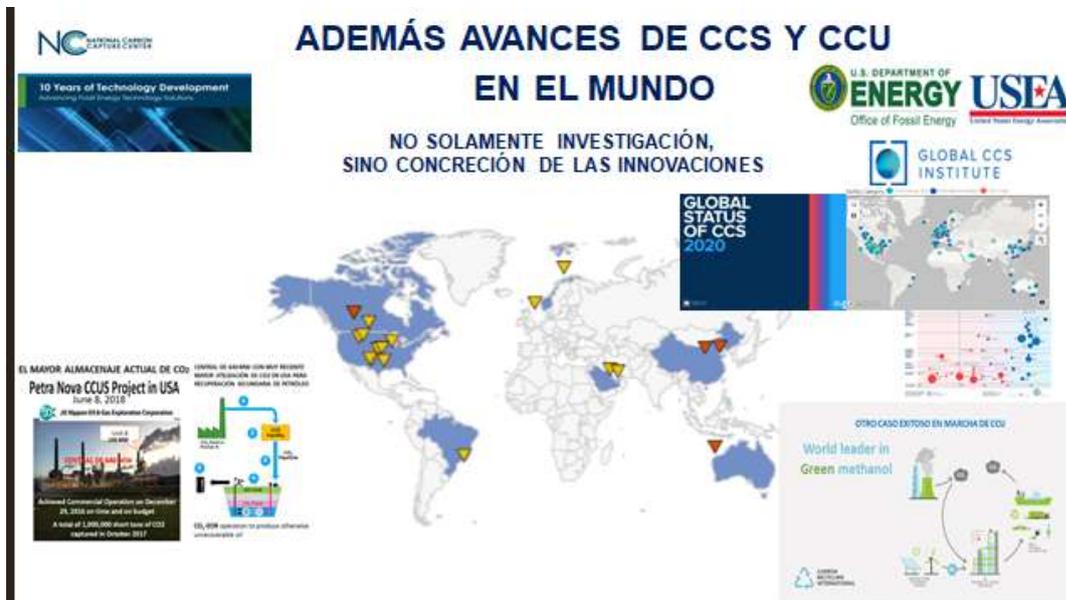
Sin duda, debería haber otros varios casos de estudios similares, como el estudio similar se está llevando a cabo en Gran Bretaña, como lo muestra la lámina siguiente:



## 10. EL AVANCE TECNOLÓGICO DESTACABLE DE UTILIZAR EL CO2

A los notables avances de mejorar las eficiencias, de sustituir el uso de combustibles fósiles por energías renovables, de avanzar tecnológicamente con numerosos nuevos equipamientos y nuevos combustibles para minimizar la contaminación ambiental e integrar los sistemas energéticos, desde hace muchos años se ha agregado otra idea: seguir utilizando los combustibles fósiles, principalmente el carbón y el petróleo que son los que producen más CO<sub>2</sub> y otros contaminantes dañinos, pero neutralizar sus efectos mediante su captura y secuestro e incluso utilización del CO<sub>2</sub>.

Al respecto, han ocurrido también avances notables para aniquilar el efecto del CO<sub>2</sub>, en numerosos países del mundo, como muestra la lámina sucesiva, que señala también organizaciones técnicas y de mutuo apoyo para el desarrollo de esas nuevas tecnologías:



Se ha empezado hace años a desarrollar tecnologías de captura y secuestro del anhídrido carbónico, principalmente para las centrales termoeléctricas de carbón, encontrándose elevados costos de captura y de secuestro del CO<sub>2</sub> que desaconsejaron continuar generando electricidad con carbón, aún en las centrales supercríticas de mayor eficiencia.

Incide apreciablemente en la complejidad y costo de capturar el CO<sub>2</sub>, el hecho que el anhídrido carbónico surge mezclado con un gran volumen de otros gases de la chimenea de las centrales termoeléctricas como consecuencia de la composición del aire de combustión, con 21% de oxígeno y 78% de nitrógeno, más otros gases.

Si se separara previamente el oxígeno del aire y se hiciera oxi-combustión, el proceso de captura del CO<sub>2</sub> sería más simple, aunque todavía contendrá NO<sub>x</sub>, entre otros gases. Sin embargo la oxi-combustión todavía no ha avanzado por requerir la planta previa de obtención del oxígeno, problema que desaparecería si se hiciera sinergia con otras industrias que requieren nitrógeno, lo cual es un llamado a atención al respecto

en las economías en desarrollo como la de Argentina, logrando sinergias al respecto en las industrias petro-químicas.

Corresponde observar que con el propósito de disminuir la contaminación producida por las centrales termoeléctricas de carbón, se ha desarrollado la tecnología IGCC (integrated Coal Gasification Combined Cycle) de centrales a carbón. Consisten de gasificadores de carbón en superficie que generan syngás (gas sintético de carbón), operando a alta presión y temperatura elevada con carbón y oxígeno, alimentando turbinas de gas en ciclo combinado. Tales centrales tienen eficiencias similares a las supercríticas, con la ventaja que permiten una extracción de CO<sub>2</sub> pre-combustión, o sea antes de las turbinas de gas y así un mejoramiento en la captura del CO<sub>2</sub>. Naturalmente requieren la planta previa de separación de oxígeno y separación del nitrógeno del aire, por lo cual toman su gran sentido en sinergia con industrias químicas que utilizan esos gases. Es de hacer notar que existen numerosas plantas IGCC en China y en India, en razón de su mayor dependencia del carbón. Igualmente hay varias plantas de ese tipo en EEUU y una en Puertollano, España.

La realidad es que, a pesar de los costos de captura y secuestro del carbón, se ha avanzado notablemente en esas tecnologías, CCS y CCU, en numerosos países del mundo e incluso en crear organizaciones tecnológicas que promueven y asisten en los avances.

El más grande aprovechamiento instalado es el de Petra Nova en EEUU, con una central termoeléctrica de 600 MW, cuyo CO<sub>2</sub> se inyecta en pozos petrolíferos para recuperación secundaria de petróleo, previéndose una segunda etapa de mayor potencia y de conversión del CO<sub>2</sub> en productos químicos.

Hay proyectos en marcha en diversos países, principalmente de captura y almacenaje, entre ellos Australia y Noruega. En Noruega ha sido aprobado por el parlamento el proyecto llamado Longship, multibillonario para capturar CO<sub>2</sub> inicialmente en Noruega y finalmente en toda Europa, y almacenarlo en el fondo del mar del Norte. Brasil tendría previsto también utilizar CO<sub>2</sub> para recuperación secundaria de petróleo, según surge de la figura de esa lámina.

Además de proyectos para transformar el CO<sub>2</sub> en carbonato de magnesio (sólido equivalente al carbonato de calcio), mediante procesos con agua de mar de alto contenido magnésico, quizás el proceso más eficaz ha sido el de la planta piloto de Islandia para convertir al CO<sub>2</sub> de una central geotérmica de 8 MW en metanol. El resultado ha sido muy positivo y con el mismo proceso de captura y conversión del CO<sub>2</sub> a metanol se están construyendo dos plantas actualmente de 100 MW, una en China y otra en Canadá (país de la empresa propietaria actual de la tecnología). Quizás sea útil mencionar que en la visita realizada por un colaborador a la planta de Islandia, le expresaron que no tenían problemas tecnológicos ni económicos para expandir la iniciativa, sino solamente la necesidad de legislación adecuada, de hacer entender que las legislaciones aplicadas al biodiesel y al etanol deben extenderse también al metanol, ya que todos los países favorecen solamente al biodiesel y al etanol, olvidando posibilidades de otros combustibles.

## 11. LOS NOTABLES AVANCES PARALELOS DE LAS POLÍTICAS Y DE SUS INSTITUCIONES

La lámina siguiente contiene la observación de acontecimientos muy notables en el campo de la acción política en sinergia con actividades técnicas y científicas, sin duda consecuencia del impacto causado por la acción conjunta de investigación y desarrollo en las diversas áreas tecnológicas y de tantas instituciones actuantes precisamente en sinergia para el desarrollo, lo cual deberíamos implementar igualmente en Argentina.



En primer lugar, resulta muy notable que en el Reino Unido, el Departamento de Energía del Gobierno haya pasado a llamarse "Department of Energy and Climate Change", algo así como validar que las políticas energéticas y ambientales deben considerarse conjuntamente, como trata de enfatizar este trabajo.

Igualmente notable ha sido el surgimiento de las políticas llamadas NEPS, (National Energy and Climate Plans) en numerosos países, entre ellos la acción en Japón, en Mexico y otras naciones, incluyendo destacadamente los países de la OECD, que igualmente vinculan los planes energéticos y ambientales.

Además de la muy positiva repercusión política de los avances tecnológicos, seguramente el proceso sinérgico del accionar conjunto agregó la sinergia de ciencia y de política para facilitar el desarrollo y el progreso, con el nacimiento de Organismos Científicos, Academias e Instituciones profesionales para crear y asistir a la creación de las políticas, como muestra la parte izquierda de la lámina con SAM (Scientific Advice Mechanism) y SAPEA (Science Advice for Policies by European Academies). Se observa precisamente que del SAM se espera "advice" para las políticas energéticas, incluyen-

do para la captura y utilización de las emisiones contaminantes, con el sentido de activo de "advice", de intervenir proponiendo y aconsejando soluciones y procesos, a diferencia de funciones consultivas, mucho más diluidas y sin atribuciones para presentar propuestas, como ha sido corriente en otros casos.

Los títulos de los organismos creados y sus objetivos ponen en evidencia la suerte de gran sinergia científica y política que se ha producido en el mundo para desarrollar y aplicar tecnologías, sosteniendo con políticas adecuadas los esfuerzos tecnológicos y de planificación para los objetivos planteados de desarrollo sin dañar el ambiente. Al respecto, ocurre lo mismo en EEUU, entre universidades, instituciones científicas y profesionales, con las entidades de energía del Estado.

Es de señalar al respecto que también en Argentina participaron organismos profesionales en los últimos planes energéticos, como se verá más adelante, pero en cuerpos de naturaleza "consultiva", es decir sin expresamente el rol activo de proponer y plantear soluciones a aceptar, rechazarlas o mejorarlas, que significa el término "advice" en Europa y EEUU.

## **12. EL SURGIMIENTO DE INNOVACIONES EN EL CAMPO DE LA ECONOMÍA Y LA PLANIFICACIÓN**

Es claro que el proceso de innovaciones tecnológicas en el campo de la energía conlleva conocimientos y nuevas aplicaciones de las ciencias básicas de la ingeniería y desarrollos e innovaciones para afrontar los requerimientos matemáticos de la problemáticas complejas, con numerosas variables, muchas de ellas de naturaleza estocástica. Así primero se requiere formar la capacidad para la concepción de los nuevos sistemas y después para crear su operación mediante la digitalización.

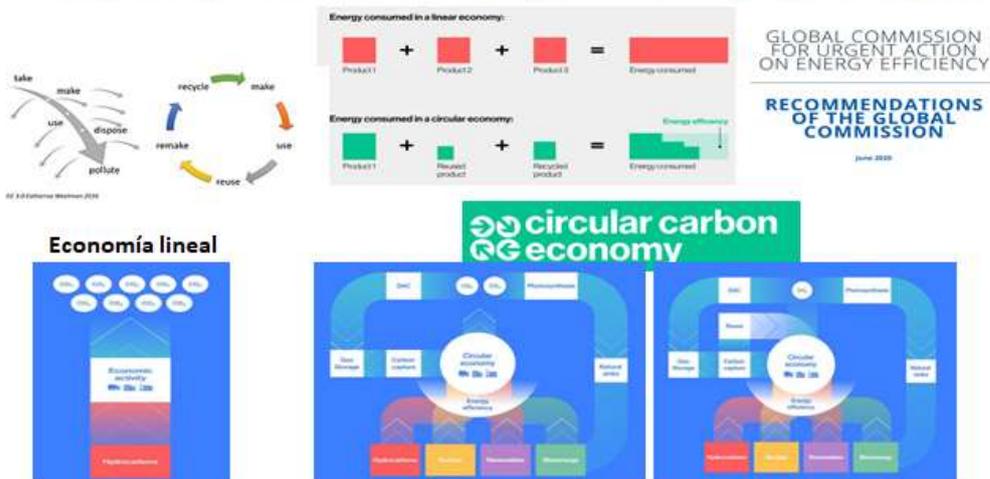
Paralelamente a ese esfuerzo en los sistemas de energía y simultáneamente se arrastran las dificultades que provoca el funcionamiento de los otros sistemas, poniendo en evidencia la necesidad de complementar la Ingeniería con la participación de otras ciencias. Ha sido el caso de las observaciones con las Ciencias de la Economía.

No se trata de entrar aquí en esa Ciencia, que separadamente corresponde a los especialistas; pero sí señalar, que ha resultado obvia la exagerada intensidad de energía de ciertos procesos, como visto con los automotores, el transporte en general, en el propio proceso y transporte de los combustibles, o el desperdicio de recursos naturales en la mayor parte de los procesos que hacen a la economía de los últimos tiempos.

Precisamente, la problemática ambiental, surgida por el lado energético, para ser solucionada requiere minimizar la intensidad de los recursos naturales en general, para disminuir la intensidad de la energía en toda la actividad económica. De ello ha surgido la ahora conocida como Economía Circular y la Planificación coherente con esa economía.

La lámina siguiente pretende ilustrar la concepción de la Economía Circular:

## CAMBIOS CONCEPTUALES EN LOS PROCESOS DE LA ECONOMÍA ECONOMÍA LINEAL vs ECONOMÍA CIRCULAR y ECONOMÍA CIRCULAR DESCARBONIZADA



Se muestra en primer término (arriba a la izquierda) el contraste entre la economía clásica, lineal, de extraer recursos naturales, transformarlos, utilizarlos y desecharlos, sin importar la intensidad de uso, los riesgos de agotamientos, ni de acumulación de residuos; luego (a la derecha), la economía circular, en búsqueda de mínima intensidad de uso de recursos y su reciclado.

Igualmente se muestra en la parte superior, la ventaja económica obtenida en el uso de recursos y en la intensidad energética, y recomienda la planificación atendiendo esta nueva concepción.

En la parte inferior de la lámina se exponen los pasos desde la vieja economía lineal a la nueva circular, prevista hasta llegar a extraer el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y utilizarlo (lo cual ya se intenta con la tecnología anteriormente mencionada en marcha en Islandia).

De esa nueva concepción de Economía Circular ha surgido el "European Green Deal", con los planes para todo el desenvolvimiento socio-económico, incluyendo los desarrollos energéticos relativos incorporados en un plan general y en planes específicos para cada país de la UE, con las modernas tecnologías actuales, de diciembre 2019, que ilustra la lámina sucesiva. A su vez, en el llamado Brexit del Reino Unido, en los acuerdos al respecto, se procura no afectar la marcha en ningún país en el desarrollo limpio buscado igualmente por cada parte.

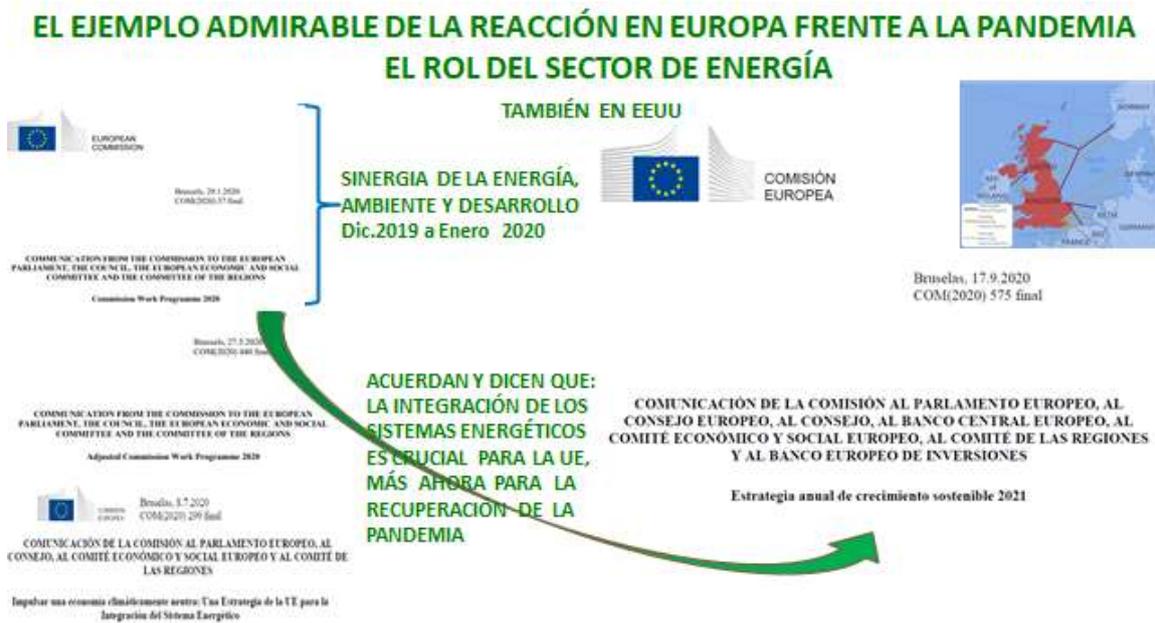


El "European Green Deal" incorporaba especialmente los planes energéticos acordes con la economía circular, precisamente para el desarrollo y el cuidado ambiental. Tal incorporación está contenida en el "CEF Programme", documento notable de planificación que reúne todos los planes inter-vinculados de los diversos países europeos.

### 13. LA PLANIFICACIÓN Y LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EUROPA Y EEUU

Se acababan de festejar los acuerdos que dieron lugar al "European Green Deal", de cerrar los detalles de los planes ejecutivos a desarrollar, entre ellos los energéticos, todos inter-vinculados, pero al poco tiempo, en enero 2020, apareció la epidemia del Covid-19.

Ese fenómeno mundial ha sido muy grave en todas las naciones, pero es particularmente más grave para las naciones más desarrolladas, debido a la muchísima más intensa movilización interna y externa de sus habitantes, con más alta posibilidad de contagios que en los países con menor movilidad. Por lo tanto, los países europeos, como todas las otras naciones más adelantadas, se vieron obligadas a adaptar sus planes a la realidad inesperada de una pandemia global.

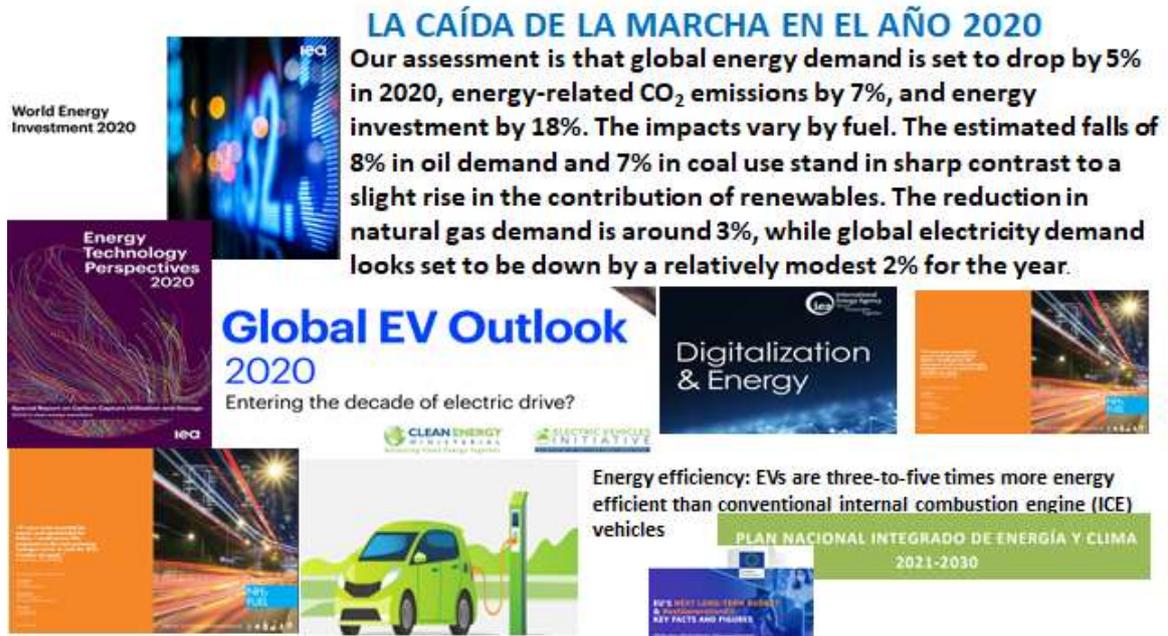


Como se lee en la lámina anterior, el programa concreto de proyectos planificados en enero 2020, conforme al "European Green Deal" de diciembre 2019, tuvo que ser adaptado al nuevo escenario con una pandemia, impredecible en su marcha y consecuencias. No se detuvo en nada el esfuerzo de planificación y del accionar consecuente; así en etapas de Enero a Junio 2020 y posteriormente, siempre teniendo en cuenta la sinergia de la energía, el ambiente y el desarrollo, se adaptaron los planes y programas de acción hasta llegar a planificar el año 2021 en adelante con esos mismos principios, de la economía circular.

A pesar de las enormes dificultades surgidas, de la enorme caída de la actividad productiva y del comercio, como indica la lámina sucesiva, se continuaron los estudios

y la elaboración de trabajos sobre las nuevas tecnologías, no solo para los países europeos, sino también para otros países igualmente afectados por la pandemia, así como las perspectivas y previsiones frente a la nuevas circunstancias.

Aparecen loables los trabajos para la compleja digitalización que se necesita de los nuevos sistemas, para la mayor electrificación, para el desarrollo de los automotores eléctricos, para desarrollar el plan integrado de energía y clima hasta el 2030, como se observa en la lámina siguiente.



Dentro de ese panorama de lucha, es destacable lo expuesto en el plan europeo para el 2021 en adelante, que se transcribe a continuación en la versión en español publicada por la Comisión Europea:



Bruselas, 8.7.2020  
COM(2020) 299 final

## EXTRACTOS DEL COMUNICADO DE LA



COMISIÓN EUROPEA

**8 DE JULIO 2020**

COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES

Impulsar una economía climáticamente neutra: Una Estrategia de la CE para la Integración del Sistema Energético

**LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO – LA PLANIFICACION Y EL SISTEMA ENERGÉTICO EN SU CONJUNTO, INCLUYENDO MÚLTIPLES VECTORES INFRAESTRUCTURAS Y SECTORES DE CONSUMO – ES LA ÚNICA VÍA HACIA UNA DESCARBONIZACIÓN EFECTIVA, ASEQUIBLE Y PROFUNDA DE LA ECONOMÍA EUROPEA**

**LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO SE REFIERE A LA PLANIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN SU CONJUNTO, INCLUYENDO MÚLTIPLES VECTORES ENERGÉTICOS, INFRAESTRUCTURAS Y SECTORES DE CONSUMO, CREANDO VÍNCULOS MÁS SÓLIDOS ENTRE ELLOS CON EL OBJETIVO DE OFRECER SERVICIOS ENERGÉTICOS CON BAJAS EMISIONES....**

**...EN PRIMER LUGAR, UN SISTEMA ENERGÉTICO "CIRCULAR", CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA....**

**...EN SEGUNDO LUGAR, UNA MAYOR ELECTRIFICACIÓN DIRECTA DE LOS SECTORES DE USO FINAL....**

**--EN TERCER LUGAR, EL USO DE COMBUSTIBLES RENOVABLES Y CON BAJA EMISIÓN DE CARBONO, INCLUIDO EL HIDRÓGENO, PARA APLICACIONES DE USO FINAL, CUANDO LA CALEFACCIÓN O LA ELECTRIFICACIÓN DIRECTAS NO SEAN VIABLES O TENGAN COSTOS ELEVADOS... UNA INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA MÁS INTEGRADA...**

**UN SISTEMA ENERGÉTICO DIGITALIZADO Y UN MARCO DE APOYO A LA INNOVACIÓN**

**¡¡LA TRANSICIÓN HACIA UN SISTEMA MÁS INTEGRADO ES DE VITAL IMPORTANCIA EN EUROPA, AHORA MÁS QUE NUNCA. EN PRIMER LUGAR PARA LA RECUPERACIÓN. LA PANDEMIA DE COVID-19 HA DEBILITADO LA ECONOMÍA EUROPEA Y SOCABA LA PROSPERIDAD FUTURA DE LOS CIUDADANOS Y EMPRESAS DE EUROPA. ESTA ESTRATEGIA FORMA PARTE DEL PLAN DE RECUPERACIÓN!!!**

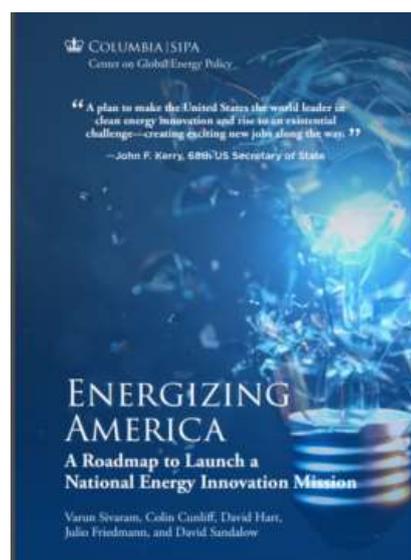
Como se observa, Europa ha convalidado categóricamente la necesidad de: 1) integración de los sistemas energéticos; 2) elevar la eficiencia energética; 3) la electrificación directa (menor uso directo de combustibles); 4) combustibles renovables, incluido el hidrógeno (el amoníaco enfatizado posteriormente a ese acuerdo); 5) infraestructura energética integrada.

A su vez, todavía de mayor impacto frente a la situación provocada por el Corona virus, resulta la muy clara afirmación que **es vital para Europa marchar hacia un sistema energético más integrado, sobre todo ahora para la recuperación de la pandemia.**

Como algo similar, de modernizar el sistema energético para facilitar la recuperación de la pandemia, ha sido expresado y se recomienda en EEUU y otras naciones, corresponde tenerlo muy en cuenta igualmente para nuestra situación en Argentina.

Al llegar a apreciar lo ocurrido y expuesto en este punto, cabe volver a entonces a la lámina inicial del primer capítulo para resaltar su coincidencia plena con el proceso ocurrido y planteado en Europa, EEUU y otros países: **Reconocimiento del Escenario para tenerlo en cuenta, Ponerse Objetivos claros de desarrollo humano, Realizar la Planificación necesaria, Establecer las Políticas coherentes para alcanzar los objetivos mediante la Utilización de la Energía sin dañar el Ambiente y Comportamiento humano eficaz y acorde.**

Es de hacer notar que las fuerzas empresarias, universitarias, vivas en general, actúan vigorosamente en numerosos países, clamando para recuperarse de la pandemia mediante sinergia con la modernización energética. Así ha sido planteado claramente en Europa, como se ha visto y se plantea en EEUU al gobierno recién surgido, mostrándose a continuación como ejemplo el libro de la Columbia SIPA, "Energizing America: A Roadmap to Launch a National Energy Innovation Mission", aparecido después de las elecciones últimas elecciones de EEUU:



## 14. LA SITUACIÓN EN ARGENTINA

En todos los países de América Latina se observa gran interés sobre las nuevas tecnologías energéticas y lo que está pasando en el mundo al respecto. Como ejemplo se expone la lámina siguiente:

**EL INTERÉS EN CCU EN OTROS PAÍSES LATINOAMERICANOS**

**EVIDENCIAS DE INTERÉS EN I&D DE BRASIL**

Dioxide The 16th International Conference on Carbon Utilization (ICCDU XVI)  
August 27 - August 30  
Will be held in Rio de Janeiro, Brazil, from the 27th to 30th August 2018. The ICCDU XVI will be organized under the seal of the Brazilian Catalysis Society (SBCat)



**CCS/CCUS Regulatory Framework for Mexico**  
Pamela Tomski  
Expert Workshop on Increasing Knowledge and Awareness of Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) - Capacity Building in Mexico  
22-23 January 2019  
Hermosillo, Sonora, Mexico

SUPPORTED BY:



**BRAZILIAN ATLAS OF CO<sub>2</sub> CAPTURE AND GEOLOGICAL STORAGE**

ORGANIZERS:  
HUGO RAMÍREZ, EDUARDO BUENOS  
CLAUDIA ROSER, MARCELO  
GONZÁLEZ, CARLOS FLORENTI  
RODRIGO SANCHEZ, HUGO

**LA CAPTURA Y EL ALMACENAMIENTO DEL DÍOXIDO DE CARBONO, CAC:  
UNA HERRAMIENTA DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.**

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA, URUGUAY  
INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS

Acad. Prof. Ing. Raúl R. Frando  
07 de Junio 2011 - Versión Revisada

**Minería Chilena: Captura, Transporte, y Almacenamiento de Dióxido de Carbono en Relaves mediante Líquidos Iónicos y Carbonatación Mineral**

**Development of a regulatory framework for carbon capture, utilization and storage in Mexico**  
Final Report  
sdfsdfsdf World Bank PO 7174439

En la conferencia de incorporación a la Academia Nacional de Ingeniería, expuesta por el autor, se ha expresado lo que indica la lámina siguiente, pero el esfuerzo allí aludido tiene un largo historial y trabajos muy valiosos, en circunstancias siempre difíciles para los intervinientes, que son básicos para continuar con estudios específicos para mayor incorporación de las tecnologías ya en aplicación en los países más avanzados al respecto. Al escribir esa conferencia, corresponde relatar un mínimo historial y agregar la posible aplicación de las tecnologías anteriormente mencionadas:

### LA SITUACIÓN EN ARGENTINA

**Encomiable esfuerzo para hacer cuidar las eficiencias en equipos y en edificios, impulsar las energías renovables, legislar al respecto e ir modernizando, a pesar de contar con escasos recursos**

Pero resulta necesario estudiar, tratar y establecer las políticas para lograr la alta **eficiencia global** y el alto **cuidado ambiental**, incluso **capturar y utilizar los contaminantes** como ya se realiza en EEUU, la UE, otros países líderes, como preocupa y se estudia en países vecinos

Pero, Argentina **aparece ausente** de los ámbitos y foros de discusiones e intercambios de avances

Si bien Argentina ha participado y participa nominada en los ámbitos e instituciones internacionales, aparece como ausente por momentos y no aprovechando toda la capacidad tecnológica que se desarrolla en los mismos, quizás por las limitaciones financieras a las que han estado obligados los gobiernos durante ya muchos años.

Para considerar más aproximadamente la situación, se incluye a continuación una visión general del historial de varios años.

#### **14.1. HISTORIAL DE LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ARGENTINA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS**

En la planificación del sistema eléctrico de Argentina aparecen grandes hitos, que determinaron su configuración y desarrollo en el pasado menos inmediato: el plan llevado a cabo de grandes centrales hidroeléctricas, de centrales nucleares y de integración del sistema eléctrico mediante estudiar y establecer su configuración básica, interconexión y selección de tensiones (voltaje) de transmisión.

A su vez en el pasado más cercano, la irrupción dominante del gas natural para la generación de electricidad, con una incidencia ya de 58%, más el advenimiento de las energías renovables de generación distribuida, con las continuas expansiones de generación de electricidad, de su transporte y de distribución, determinaron el nuevo hito a considerar en conjunto precisamente con el sistema de gas natural, por su incidencia en la matriz energética del país.

Los profesionales de la Secretaría de Energía, de sus diversos sectores y particularmente de su Sub-secretaría de Planeamiento Energético, como así mismo de Instituciones Oficiales y privadas, conjuntamente con la participación de entidades privadas, ejecutoras de ingeniería y de obras, han mantenido así una intensa actividad desde hace muchos años para desarrollar y modernizar el sistema eléctrico.

Sin embargo, las dificultades financieras han demorado la incorporación de los desarrollos innovadores, que se han mencionado anteriormente y que están ocurriendo en los países adelantados, como continuación de los estudios de base ya realizados para ello.

Esos estudios de base, entre ellos el actual Plan Quinquenal de Obras de Infraestructura Energética, ya están estructurados con la agrupación en escenarios tendenciales y activados, a su vez de mayor electrificación o de mayor gasificación, con crecimiento de la participación de las energías renovables y con menor intensidad energética en el crecimiento de la economía. Sin embargo, no han podido entrar todavía a los detalles de objetivos, planes y programas de los diferentes sectores de la economía, ni a la plena integración energética entre los sistemas de gas natural e interconectado de electricidad, ni a la incorporación intensiva de las nuevas tecnologías anteriormente mencionadas.

También corresponde indicar que se está realizando y en fase final de conclusión el PlanEEAr, para eficientizar la economía argentina, con préstamo de la Comunidad Europea, de su Partnership Agreement. Los referidos documentos están incluidos en

las fuentes de este trabajo y no se resumen, por cuanto pueden ser examinados en su propia versión.

## **14.2. LA CONTINUACIÓN DEL DESARROLLO ENERGÉTICO EN ARGENTINA**

Como se ha visto, existen estudios profesionales de la situación y panorama energético hasta el 2030, con un programa propuesto ya elaborado y además se halla en proceso de conclusión un Plan de Eficiencia Energética.

Todo ello constituye una base óptima para tener en cuenta los mismos criterios que se ha visto aplican los países europeos, EEUU y otras naciones para contribuir a salir de la pandemia, recuperando la economía con fuerte incidencia de la energía y en sinergia al respecto y dentro de su sector.

La posibilidad de esa sinergia se expone sucesivamente, teniendo en cuenta que considerar el escenario, como ya indicaba el primer capítulo y su lámina de inicio, incluye considerar la geografía física, socio-política y económica, además de detalles olvidados que surgen de láminas de este trabajo y de lo expuesto.

Argentina dispone actualmente de tres sistemas energéticos, surgidos separadamente y sin otra vinculación que la necesaria para sus respectivos funcionamientos. En la primera figura del punto siguiente se aprecian esos tres sistemas, de transporte de petróleo, de gasoductos y el sistema eléctrico interconectado.

Tanto el sistema de gasoductos principales, como el sistema eléctrico interconectado se completan con los subsistemas de la red secundaria de gas, de la subtransmisión de electricidad y las correspondientes redes de distribución. El sistema de oleoductos se completa con las refinerías terminales y los sistemas de transporte automotriz de los combustibles. El desafío de continuar el desarrollo energético de Argentina consiste en coordinar esos sistemas entre sí, llevarlos al máximo de eficiencia energética o mínima intensidad energética en su logística total de suministro de energía, con máxima protección ambiental, además en aprovechar más energías renovables y en utilizar toda la energía para el mayor desarrollo.

## **15. EL DESAFÍO QUE SE PRESENTA EN ARGENTINA PARA RECUPERAR EL AVANCE QUE CORRESPONDE A LOS RECURSOS DISPONIBLES**

Como es conocido, en la segunda mitad del siglo XX y hasta el presente, Argentina ha pasado de ocupar un puesto de vanguardia entre los países del mundo, a marchar ahora en retaguardia, atrás de más de 60 países en el nivel de desarrollo.

Se culpa infructuosamente a la política, de una y de otras posturas, empeorando cada vez más la situación; olvidamos que debemos decidir los objetivos a lograr y establecer las políticas operativas para accionar en función de esos objetivos y del escenario de actuación. Sin duda es cierto que previamente existe la política organizativa, pero ya tenemos el marco general organizativo que establece la Constitución nacional, aunque falten perfeccionamientos a lograr, precisamente en el proceso de establecer objetivos y las políticas y disposiciones para marchar hacia ellos.

Como se ha visto desde el principio, la energía externa, en conjunción con el accionar humano, incide predominantemente en el desarrollo. Así ha vuelto a ser re-

conocido y considerado en las principales naciones del mundo, y nada menos que para la recuperación de la peor pandemia ocurrida en el mundo contemporáneo.

Tenemos así en Argentina un enorme desafío y una gran oportunidad de ocuparnos de los objetivos de desarrollo y bienestar, de ocuparnos de las cosas que hay que hacer para ello, que hay que fijar con claridad.

La lámina siguiente expone y propone una concepción a estudiar para responder acertadamente a ese desafío, teniendo en cuenta las dificultades para operar con los sistemas de gas y de electricidad desvinculados entre sí en las redes modernas horizontales, con gran generación concentrada, más generación renovable distribuida y consumidores convertidos también en generadores de energía. En síntesis, esa concepción tiene en cuenta que en la situación en que se encuentran en Argentina los sistemas energéticos de gas, petróleo y electricidad, desvinculados entre sí, los mismos no permiten aprovechar plenamente las ventajas de las energías renovables distribuidas, eólicas y solares, ni permiten evitar sus problemáticas para las expansiones, ni facilitar el funcionamiento, a la vez que no proporcionan el máximo cuidado ambiental necesario, ni contribuyen todo lo mucho que es posible al desarrollo.

### DESAFÍO DE ESTUDIAR Y LOGRAR EN ARGENTINA

Además de las políticas de eficiencia puntual y global con las tecnologías modernas, de mínima intensidad energética por producto, de conjunción energética y ambiental, **se necesita también la conjunción de los varios sistemas energéticos, con configuraciones de los sistemas que favorezcan la eficiencia global y el desarrollo regional lo cual es más natural en Argentina que en la mayoría de los otros países**



Indudablemente es todo un enorme desafío integrar los sistemas energéticos de manera moderna, con las innovaciones desarrolladas en los países avanzados, para cuidado ambiental, máxima eficiencia técnica y económica, seguridad en el funcionamiento, máxima resiliencia en caso de accidentes o fallas y funcionamiento eficaz para el desarrollo. Es igualmente un enorme desafío llegar a explotar suficientemente las reservas modernas disponibles de hidrocarburos; es sobre todo un enorme desafío aprovechar en el país esas reservas para desarrollar todo el potencial de la población. Pero no afrontar esos desafíos y no accionar conjuntamente para volver a la vanguardia y lograr el máximo bienestar que permiten los recursos disponibles, sería continuar con las dificultades que indica la siguiente lámina en el sector energético, en consecuencia con su repercusión negativa en todas las otras actividades y en el bienestar:

## DIFICULTADES PARALA OPERACIÓN ACTUAL CON LAS ENERGÍAS DISTRIBUIDAS Y CON LOS SISTEMAS DESVINCULADOS

### En el sistema eléctrico interconectado:

- o Desaprovechamiento de energías eólica y solar por su intermitencia
- o Imposibilidad de funcionar siempre con la máxima eficiencia
- o Dificultades operativas en los sistemas
- o Impedimentos para el despacho económico
- o Riesgos
- o Ineficiencia global y alta Contaminación

### En los sistemas de combustibles fósiles:

- o Abastecimiento incompleto en todo el país de Gas Natural
- o Suministro de GCP solo para automóviles
- o Saturación de ductos
- o Faltas de Gas Natural en invierno y excedentes en verano
- o Elevado autoconsumo para el transporte propio
- o Ineficiencia global y alta Contaminación

En sentido contrario, la lámina siguiente expone las ventajas de inter-vincular los sistemas energéticos de gas y electricidad, lo cual es lograble mediante vincular los desarrollos con ese objetivo, utilizando tecnologías modernas, almacenamiento de energía, manejo digital y sucesivamente conversiones a nuevos combustibles no contaminantes, etc., actuando además en sinergia con el accionar humano para los otros objetivos que surgen de los otros muchos recursos disponibles, no aprovechados plenamente, de planes y programas concretos a realizar.

### OPERACIÓN SINÉRGICA DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS MEDIANTE MANEJO CONJUNTO

- **ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN EMBALSES, GNL Y GNCC, H2, NH3, Etc. PARA:**
  - APROVECHAR EL MAXIMO DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR
  - MANTENER EL FUNCIONAMIENTO DE CENTRALES DE GENERACIÓN EN SU PUNTO ÓPTIMO DE EFICIENCIA
  - PERMITIR EL DESPACHO ECONÓMICO DE ENERGÍA
  - FACILITAR EL MANEJO DIGITALIZAO DE LAS REDES Y SISTEMAS
  - DISMINUIR RIESGOS EN LOS SUMINISTROS
- **GNC PARA AUTOMOTORES MENORES Y GNCC PARA CAMIONES Y AUTOMOTORS MAYORES**
- **GN A GNL Y GNCC PARA:**
  - ELIMINAR VENTEOS Y ANTORCHAS
  - EVITAR EXPLOTACIONES VARADAS POR FALTA DE GASODUCTOS
  - DISMINUIR SATURACIONES
  - FLOTA FLUVIAL Y AUTOMOTORES PESADOS
  - TRANSPORTE DE GN SIN DUCTOS, MEDIANTE SU CONVERSIÓN A GNL
- **AUMENTO DE EFICIENCIAS, DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS Y DISMINUCIÓN DE CONTAMINACIONES**
- **DESARROLLO DE LAS ZONAS CON COMBUSTIBLES FÓSILES**

Las sucesivas dos láminas hacen referencia al aspecto que se ha observado esencial de cambiar la logística de suministrar la energía y de desarrollar el mayor uso de electricidad para lograr la mayor eficiencia.

Ello implica minimizar el uso directo de los combustibles fósiles, maximizar el uso de la electricidad y concentrar al máximo posible la generación de electricidad y las industrias energo-intensivas en las regiones de extracción de los combustibles fósiles, para disminuir la intensidad energética requerida por los sistemas de suministro de los combustibles fósiles, gasoductos y oleoductos, o sea para aumentar la eficiencia energética global y permitir la captura económica de los contaminantes, en particular el CO<sub>2</sub>, y facilitar su utilización. Ello es primordial para aumentar la eficiencia energética global que requiere la descarbonización necesaria de la atmósfera y acordada en el convenio de París.

### **OTRAS SINERGIAS PARA MAYOR EFICIENCIA**

- SINERGIAS INDUSTRIALES Y CONCENTRACIÓN DE INDUSTRIAS QUE REQUIERAN N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ELECTRICIDAD Y CALOR, CON TAMBIÉN CONCENTRACIÓN DE CENTRALES (TV, TGCC Y OXICOMBUSTIÓN) DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS REGIONES CON EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS PARA MAYOR EFICIENCIA, MENOR CONTAMINACIÓN, MENOR INTENSIDAD ENERGÉTICA Y FACILITAR LA CAPTURA Y UTILIZACIÓN DEL CO<sub>2</sub>
- HACER POSIBLE UNA MAYOR GENERACIÓN EÓLICA Y SOLAR, MEDIANTE EL MANEJO DIGITALIZADO Y LA ACUMULACIÓN DE ENERGÍA CON LAS DIVERSAS TECNOLOGÍAS MODERNAS (PRODUCCIÓN DE H<sub>2</sub>, LAES, GNL, ETC)
- DESARROLLAR DIVERSOS CCUS EN LAS CENTRALES TÉRMICAS E INDUSTRIAS, ENTRE ELLOS PRODUCIR METANOL, NH<sub>3</sub>, ETC
- APROVECHAR LA ENERGÍA ACUMULADA EN GASODUCTOS DE ALTA PRESION
- EXTRAER HIDRÓGENO Y AVANZAR EN LA UTILIZACIÓN DE CÉLULAS DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD PARA DIVERSOS USOS (PARTICULARMENTE EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE)
- COMPLETAR LA LEGISLACIÓN SOBRE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS BIODIESEL Y ETANOL CON LA INCORPORACIÓN DEL AMPLIO ESPECTRO DE OTROS COMBUSTIBLES SUSTITUTIVOS DE HIDROCARBUROS (POR EJEMPLO METANOL PRODUCIDO DE LA CAPTURA DE CO<sub>2</sub>)
- COMPLETAR POLÍTICAS DE EFICIENTIZACIÓN Y DE MÍNIMA INTENSIDAD ENERGÉTICA PARA TODOS LOS SECTORES DE DEMANDA Y VINCULARLOS PARA SEGURIDAD Y MENORES COSTOS
- DESARROLLAR MÁS INTENSAMENTE ESTUDIOS SOBRE OTRAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS (GEOTERMIA MODERNA, HIDRATOS DE METANO, MAREO-MOTRIZ, DE CORRIENTES SUB-MARINAS Y SUB-ACUÁTICAS, ETC.)
- VOLVER AL APROVECHAMIENTO DIRECTO DE LA ENERGÍA SOLAR MEDIANTE PRODUCCIONES NATURALES COMO ALGODÓN, LANA, ACEITE DE LINO Y TUNG, ETC., ETC., DISMINUYENDO EL CONSUMO PETROQUÍMICO DE HIDROCARBUROS CONTAMINANTES

### **OTRAS SINERGIAS PARA MAYOR EFICIENCIA**

- SINERGIAS INDUSTRIALES Y CONCENTRACIÓN DE INDUSTRIAS QUE REQUIERAN N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ELECTRICIDAD Y CALOR, CON TAMBIÉN CONCENTRACIÓN DE CENTRALES (TV, TGCC Y OXICOMBUSTIÓN) DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS REGIONES CON EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS PARA MAYOR EFICIENCIA, MENOR CONTAMINACIÓN, MENOR INTENSIDAD ENERGÉTICA Y FACILITAR LA CAPTURA Y UTILIZACIÓN DEL CO<sub>2</sub>
- HACER POSIBLE UNA MAYOR GENERACIÓN EÓLICA Y SOLAR, MEDIANTE EL MANEJO DIGITALIZADO Y LA ACUMULACIÓN DE ENERGÍA CON LAS DIVERSAS TECNOLOGÍAS MODERNAS (PRODUCCIÓN DE H<sub>2</sub>, LAES, GNL, ETC)
- DESARROLLAR DIVERSOS CCUS EN LAS CENTRALES TÉRMICAS E INDUSTRIAS, ENTRE ELLOS PRODUCIR METANOL, NH<sub>3</sub>, ETC
- APROVECHAR LA ENERGÍA ACUMULADA EN GASODUCTOS DE ALTA PRESION
- EXTRAER HIDRÓGENO Y AVANZAR EN LA UTILIZACIÓN DE CÉLULAS DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD PARA DIVERSOS USOS (PARTICULARMENTE EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE)
- COMPLETAR LA LEGISLACIÓN SOBRE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS BIODIESEL Y ETANOL CON LA INCORPORACIÓN DEL AMPLIO ESPECTRO DE OTROS COMBUSTIBLES SUSTITUTIVOS DE HIDROCARBUROS (POR EJEMPLO METANOL PRODUCIDO DE LA CAPTURA DE CO<sub>2</sub>)
- COMPLETAR POLÍTICAS DE EFICIENTIZACIÓN Y DE MÍNIMA INTENSIDAD ENERGÉTICA PARA TODOS LOS SECTORES DE DEMANDA Y VINCULARLOS PARA SEGURIDAD Y MENORES COSTOS
- DESARROLLAR MÁS INTENSAMENTE ESTUDIOS SOBRE OTRAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS (GEOTERMIA MODERNA, HIDRATOS DE METANO, MAREO-MOTRIZ, DE CORRIENTES SUB-MARINAS Y SUB-ACUÁTICAS, ETC.)
- VOLVER AL APROVECHAMIENTO DIRECTO DE LA ENERGÍA SOLAR MEDIANTE PRODUCCIONES NATURALES COMO ALGODÓN, LANA, ACEITE DE LINO Y TUNG, ETC., ETC., DISMINUYENDO EL CONSUMO PETROQUÍMICO DE HIDROCARBUROS CONTAMINANTES

Es de hacer notar que en la mayoría de los países, los lugares de ubicación de sus yacimientos de hidrocarburos o de los lugares de su abastecimiento, su geografía física y socio-económica no permiten fácilmente, ni económicamente la concentración en esos lugares como en Argentina, de la generación de electricidad y de las industrias de alto requerimiento de energía, ni el predominio neto de la electrificación para la utilización de la energía, con mínimo uso directo de los combustibles; es decir, están obligados a logísticas de suministro de la energía con sistemas energéticos de mediocre eficiencia global. Quizás sea por eso que a pesar de todos los esfuerzos, todavía la IEA prevé una eficiencia global baja de 30,5% para el 2030, pues en los sistemas de suministro final de los combustibles está la mayor ineficiencia.

Al contrario, Argentina se halla en condiciones óptimas en ese sentido, por la ubicación de sus yacimientos de gas y petróleo, por hallarse en su primera etapa de desarrollo de industrias energo-intensivas, en la necesidad de aumentar la generación con TGCC y por disponer una enorme área a lo largo de todo el lado Oeste y Centro-oeste del país para el desarrollo de todo tipo de producciones. Precisamente, esa franja del oeste y centro-oeste requiere menor sistema de transporte y manejo de la energía fósil por encontrarse en ella las mayores fuentes de tal energía, lo cual es un hecho afortunado para concentrar la mayor emisión de CO<sub>2</sub> de generación de electricidad y de industrias, a efectos de su captura económica y utilización.

## **16. UNA VISIÓN A EXAMINAR**

A la luz de lo visto hasta aquí, se hiciera un estudio profundo de desarrollo de la economía y del bienestar en toda la nación, considerando detalladamente los escenarios energéticos que han planteado los profesionales de la Secretaría de Energía, debería resultar que Argentina presenta un escenario óptimo para desarrollar el sistema energético que se esquematiza en el sub-punto sucesivo, el cual sería modelo para máxima eficiencia energética, de máximo cuidado ambiental y de nueva apertura al desarrollo y bienestar.

### **16.1. LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO**

Lograr el predominio de la electrificación en Argentina, de mínima contaminación respecto del uso directo de los combustibles fósiles, proporcionará sin duda la mayor eficiencia y la más efectiva descarbonización, permitiendo mantener una mínima participación de la combustión directa de gas y combustibles líquidos, para usos donde sean insustituibles.

A su vez, para el mismo fin de mayor eficiencia y de máxima descarbonización, debería resultar más conveniente aplicar las tecnologías innovadoras que se están desarrollando y aplicando en los países avanzados, a un sistema energético integrado y con concentración de la generación de electricidad en las zonas o cercano a las zonas del corredor Oeste del país, donde se extraen los combustible fósiles, aprovechando esa zona del Oeste y Centro-Oeste, desde el Norte al Sur, también para instalar la nuevas centrales de generación de electricidad, en las cuales está previsto que predominarán las TGCC por bastantes años, e instalar los nuevos desarrollos industriales de alta intensidad de utilización de energía. Todo ello, sin perjuicio de continuar los desarrollos pendientes hidroeléctricos y aumentar el desarrollo de energías eólica y solar con eficiencia y adecuado EROI.

La figura siguiente expone esa visión, que requiere estudiarla y planificarla detalladamente, para cambiar la muy ineficiente y costosa logística actual para suministrar energía a los consumos, transformándolos en el máximo posible para electricidad. A la vez plantea objetivos de desarrollo de los varios sectores económicos en esa franja Oeste y Centro-Oeste, del Norte al Sur, como ya bosquejado.

**LA VISIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS POLÍTICAS ENERGÉTICA, AMBIENTAL Y DE DESARROLLO COHERENTES ENTRE SÍ Y CON TODAS LAS OTRAS POLÍTICAS, DIFÍCIL EN OTROS PAÍSES Y MÁS FACTIBLE EN ARGENTINA**

¿Concentrar las Industrias altamente consumidoras de energía y la generación de electricidad en las áreas con combustibles fósiles, con CCUs en cada lugar; además construir un fuerte troncal energético por el Oeste y hacer predominar el uso de la electricidad, con mínimo de combustión directa?

!!! ¿DESARROLLAR COMO CONSECUENCIA LAS ZONAS DESPOBLADAS DEL OESTE, N.O. Y SUR? !!!

!!! QUIZÁS HAY BASTANTE MÁS DE 10.000.000 DE HECTÁREAS IRRIGABLES !!!



Se reitera que al aprovechamiento de las ventajas energéticas, ambientales y económicas que ofrece la geografía de Argentina, se pueden sumar otras sinergias con objetivos de aprovechar la enorme disponibilidad de tierras en esa gran franja Oeste y Centro-Oeste, del pleno Norte al lejano Sur, a explotar con las muchas posibilidades de riego tradicional que existen o con las tecnologías modernas de riego por goteo y manejo digitalizado, mediante programas de operación en función de las mediciones con sensores, donde no pueda realizarse el riego tradicional. El riego por goteo es realizable en las provincias y zonas donde el agua escasea, como se realiza en zonas mucho menos propicias de España y otros países, con resultados socio-económicos extraordinarios. Naturalmente, para hacer cambiar totalmente el nivel de desarrollo también se requiere el transporte económico, igualmente loguable (fluvial, posible a desarrollar en muchos lugares, o ferroviario en el resto y marítimo por ambos océanos, así como el terrestre eficiente para cargas de alto valor, con los nuevos combustibles, como el NH3, que están surgiendo).

## 16.2. LA DIGITALIZACIÓN

Como se ha indicado, los estudios, planes y programa quinquenal presentado en junio del 2020, sumados al estudio PlanEEAr en fase de conclusión, constituyen ya una amplia base para los estudios de configuración y diseño del sistema integrado de energía de Argentina, a efectos de avanzar al mismo nivel al respecto de lo que se realiza en Europa, en EEUU y otros países. Al respecto, los programas digitales ya disponibles en la Secretaría de Energía y en entidades privadas de Ingeniería de Argentina, más la

adecuada asistencia proveniente de entidades internacionales, permiten sin duda los estudios en el país.

A su vez, el manejo de los sistemas energéticos integrados, como se ha visto, requieren una total digitalización moderna para superar las dificultades operativas que se presentan tanto técnicamente como del lado administrativo y comercial.

Se ha visto que actualmente también se ha empezado a utilizar la tecnología digital "blockchain" para los estudios de manejo de los sistemas de integración energética. En efecto, son numerosos los estudios al respecto de los últimos tiempos utilizando esa tecnología digital, algunos de los cuales se mencionan en la bibliografía de este trabajo.

La tecnología Blockchain también es llamada tecnología de "distributed ledger", de asientos contables y administración distribuida. Originalmente fue desarrollada para el llamado "bitcoin", pero actualmente está en aplicación para diversos estudios con el objetivo de facilitar diversas actividades. Hasta incluso hace pensar en su utilización para observar y controlar las implicancias de cualquier accionar humano, sin predominios centralizados, de la misma manera que opera la fisiología vegetativa de los seres vivos.

Confirma el éxito logrado por esa tecnología, el hecho de estar siendo divulgada y promovida actualmente por INTAL/BID y por la OECD para facilitar el comercio internacional y otras inter-vinculaciones de la economía y el comercio (ver la bibliografía).

La tecnología blockchain aparece así como un importante avance para la regulación y manejo digital del complejo sistema moderno de energía en desarrollo, que integra los sistemas de gas con los sistemas eléctricos de grandes generadores concentrados y de generación distribuida variable; situación mixta con demanda de solo consumidores, más consumidores que son a la vez generadores, y el agregado de las nuevas tecnologías de almacenajes de energía, producción y conducción de hidrógeno azul y verde, de GNL y de nuevos combustibles, con la utilización de células de combustibles, etc.

Muy posiblemente la modelación de los sistemas energéticos lograda anteriormente, ya realizada de sistemas integrados en numerosos países y propuesta en Argentina por el Ing. D. Ojeda de la Universidad de San Juan, mediante complejos algoritmos clásicos y métodos numéricos para los manejos estocásticos, se complementa muy bien con la tecnología blockchain para el manejo de los sistemas energéticos muy complejos que han surgido.

## **17. LA CONCRECIÓN DE LA VISIÓN EXPUESTA**

Es de considerar concretable la visión expuesta en la lámina anterior de aprovechar la energía tanto para la descarbonización, como para contribuir a salir de la pandemia del Coronavirus, como se ha visto que se ha decidido en Europa y en EEUU.

Con los debidos estudios y adaptación a nuestro país, ello es también un medio principal para la recuperación de la pandemia en Argentina.

Al respecto se cuenta acá con un escenario global más favorable que en la mayoría de países, listo para afrontarlo de esa manera por las nuevas generaciones, que son

más aptas para desarrollar y aplicar las modernas tecnologías y para salir de los apegos que nos han retrasado.

En función de esa visión, se ha armado la figura siguiente, que prevé la concentración energética, ya expuesta, en el lado oeste y la electrificación con un gran troncal de transmisión de electricidad paralelo a la ruta 40, de Norte a Sur, para alimentar la red interconectada nacional existente con sus expansiones futuras y sub-transmisión. Ese troncal también podría servir para vender energía a Chile, si así se llegara a desear y acordar, hasta incluso para aprovechar conjuntamente la energía marítima del estrecho de Magallanes. Naturalmente, esa configuración requiere ser estudiada rigurosamente en base a lo ya realizado, a los escenarios ya planteados y a la información a obtener de los varios planes de desarrollo socio-económicos pendientes, según objetivos de desarrollo y progreso que sin duda desean las nuevas generaciones, como igualmente las desean las generaciones que desde el pasado miran el presente.



Paralelo al gran troncal y hacia tierra adentro queda la gran franja de la geografía a desarrollar, desde el Norte al Sur y desde el Oeste al Centro, merced a la concentración de la energía y a la utilización de las tecnologías modernas para todas las gamas de producción en esas tierras, además de la industrialización de mayor intensidad energética y la captura y utilización de los contaminantes.

Ello no significa olvidar, la pampa húmeda, ya de mayor desarrollo, ni el norte y noreste, que igualmente con mayor contribución energética y el transporte fluvial, que es posible desarrollar, y el ferroviario, puede dar igualmente un gran salto hacia el progreso. ¡Sin duda, el escenario que presenta el país es óptimo para la acción de las nuevas generaciones, ya con capacidad para entender y manejar mejor la situación con las nuevas tecnologías digitales!

Las más viejas generaciones todavía en acción, que encontramos el país vinculado solamente en la parte centro-norte por la red ferroviaria y el telégrafo, con la red caminera de tierra y sin ninguna interconexión energética, salvo la alimentación eléctrica desde el sur de la Capital Buenos Aires hasta la ciudad de La Plata, hemos podido lograr la interconexión eléctrica nacional, una extensa red vial y muchos desarrollos, pe-

ro perdimos el rumbo, olvidando a muchos de los objetivos y procesos para mantener el nivel de bienestar que se había logrado. Han surgido ahora nuevas y notables tecnologías, estamos frente a una pandemia inesperada, hay nuevas generaciones: corresponde utilizar una vez más la energía con las nuevas tecnologías para recuperarnos.

La síntesis de la visión surgida hace volver al primer capítulo, a la primea lámina, revalidando la energía como la gran palanca para el accionar humano; revalidando las sinergias para el accionar fructífero, con el entendimiento y la consideración del escenario, y el procedimiento a seguir, desde poner los objetivos, hasta los procedimientos y las políticas para lograr avanzar hacia el mayor bienestar.

Esa síntesis se vuelve a graficar en la lámina final expuesta, enfatizando el "nunca antagonismos" o "anti-sinergias", que es lo mismo, y la necesidad de recuperarnos de los riesgos de las "disergias" o desganos, que tenemos para afrontar lo que se debe hacer. Ello es imprescindible para accionar solamente en sinergias de las fuerzas humanas y con los procedimientos naturales de empezar poniendo objetivos claros y proceder respetando cuanto es lo lógico y natural requerido, para llegar a establecer las políticas para el accionar eficaz.



## FUENTES

### **IEA (International Energy Agency):**

China Power System Transformation (Febrero 2019);  
Clean Energy Transition Programme (Annual report 2019);  
Clean Energy transitions: Accelerating innovation beyond 2020 (India);  
INDIA 2020;  
Agency's pivotal role in global energy governance;  
Energy Efficiency (2019);  
Digitalization and Energy;  
The future of Hydrogen;  
Asean Renewable Energy Integration Analysis;  
Technology Collaboration Programme (GOT IEA/MIT);  
IEA GOT – ESIN Video Conference 19 Jan. 2021  
Transforming Industry through CCUS;  
Energy end-use data collection methodologies and the emerging role of digital technologies;  
Clean Energy Investment trends 2020;  
Energy Efficiency Indicators Highlights, 2020 edition;  
Energy Efficiency 2020;  
Renewable Energy Market Update (Outlook for 2020 and 2021)

### **KAPSARC (King Abdullah Petroleum Studies and Research Center): CCE Guide Overview, A guide to the circular carbon economy (CCE)**

**FuelEnergy:** Sure Source Recovery

**EPE (Empresa de Pesquisas Energéticas) y IEA:** Atlas of Energy Efficiency; Brasil 2019

### **HALDOR TOPSOE:**

Which technology to choose for conversion of CO<sub>2</sub> to chemicals?  
Electrochemical CO<sub>2</sub> reduction of CO<sub>2</sub> for CO production;  
Produce your own carbon monoxide;  
NH<sub>3</sub> – The Optimal Alternative Fuel  
Solid Oxide Cell Enabled Ammonia Synthesis and Ammonia based Power Production;  
Electrochemistry at Haldor Topsoe, SOEC and Battery Materials;  
Japan – a future market for Australian solar ammonia;  
Solid Oxide Fuel Cell Development at Topsoe Fuel Cell A/S and Riso National Laboratory;  
Ammoniafuel – an industrial view of ammonia as a marine fuel;

**THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY:** Ammonia Production and Baseload Solar Power;

### **FUEL CELLS AND HYDROGEN UNDERTAKING (FCH):** (Roland Berger Strategy Consultant)

Advancing Europe's Energy Systems (A study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking);  
Advancing Europe's energy systems, Stationary fuel cells in distributed generation;

**GLOBAL CCS INSTITUTE:** Scaling up the CCS market to deliver net-zero emissions

**U.S. DEPARTMENT OF ENERGY:** Benchmarking Biomass Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production

**CONICET** (Maximiliano G. Sassi y E. D. Palma): Modelo Hidrodinámico del Estrecho de Magallanes

### **COMISIÓN EUROPEA/EUROPEAN COMMISSION:**

Comunicado de prensa 11 de diciembre 2019, Pacto Verde Europeo;  
The European Green Deal  
Scientific Advice to European Policy in a Complex World

Scientific Advice Mechanism  
 How can science better support EU policymaking?  
 A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe (EU Green Del)  
 Energía Limpia para todos los Europeos  
 My Agenda for Europe (Ursula von der Leyen)  
 Annual Sustainable Growth Strategy 2021  
 Commission Work Program 2020  
 On an EU strategy to reduce methane emissions  
 Impulsar una economía climáticamente neutra: Una Estrategia de la UE para la Integración del Sistema Energético;  
 Chemical Strategy for Sustainability Towards a Toxic Free Environment;  
 Inception Impact Assessment; Impulsar una economía climáticamente neutra: Una Estrategia de la UE para la Integración del Sistema Energético  
 Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration;  
 Principales Ramas de la Industria Manufacturer desde la Perspectiva de la Eficiencia Energética.  
 Aplicación de criterios para priorización en el marco del PlanEEAr;  
 Guía Metodológica para la Elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética en Argentina (PlanEEAr);  
 Agreement for Scientific and Technological Cooperation between the European Community and the Argentina Republic;  
 State of Play Partnership Instrument 2014-2020;  
 Europe's moment: Repair and prepare for the next generation;  
 Connecting Europe Facility (CEF) Energy;  
 World Energy Model Documentation (2020 version);  
 World Energy Outlook Summary 2020;  
 World Energy Investment 2020;  
 Carbon Capture, Utilization and Storage – Status, Barriers and Potential  
**EPRI (Electric Power Research Institute):** The INTEGRATED GRID, Realizing the Full Value of Central and Distributed Energy Resources;  
**FCH (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking):** Stationary Fuel Cells in distributed generation  
**IRENA:**  
 Road Map for a Renewable Energy Future;  
 BLOCKCHAIN; Innovation Landscape Brief;  
 Applying Blockchain Technology to Electric Power Systems  
**BID/INTAL:** BlockChain y Comercio Internacional  
**SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies):**  
 Making sense of science under conditions of complexity and uncertainty  
 Novel Carbon Capture and utilization technologies  
**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID):** Energía Marina en Chile  
**COOPER (international Copper Association, Ltd. ICA Latinoamérica):** Energías Renovables para Generación de Electricidad en América Latina: mercado, tecnologías y perspectivas  
**UNIVERSIDAD DE CHILE, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas:** Energía Mareomotriz (para el Ministerio de Energía, Chile)  
**MESA CIUDADANA DE ENERGÍA PARA MAGALLANES** (Fundación Heinrich Böll): Propuesta Ciudadana de Energía para Magallanes  
**CONICET (Asociación Argentina de Mecánica Computacional):** Modelo Hidrodinámico del Estrecho de Magallanes  
**IBM (Manav Gupta):** Blockchain dummies;  
**RENEWABLE and SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS:** Tecnología blockchain en el sector energético;  
**PWC:** Blockchain ,an opportunity for energy producers and consumers?  
**ELSEVIER:**

Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities;  
 Energy Systems Integration: Implications for public policy;  
**Y. R. Kafle y otros (Australia):** Towards an Internet of Energy  
**THE ECONOMIST:** Geopolitics after COVID-19: is the pandemic a turning point?  
**PRESIDENCIA DE LA NACIÓN, Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sustentable, de Educación y de Energía:** Estrategia Nacional de Educación En Eficiencia Energética **THE WORLD BANK GROUP/ESMAP (Energy Sector Management Association Program):** Police Matters, REGULATORY INDICATORS FOR SUSTAINABLE ENERGY **SUNLIQUID (ECOTAIN):** Cellulosic Ethanol from Agricultural Residues  
**BALLARD POWER:** Putting Fuel Cells to work  
**ANDREW L. DICKS/DAVID A. J. RAND:** Fuel Cell Systems Explained  
**GE Energy Consulting/GE Power:** The Distributed Energy Transformation (Digital Energy Transformation)  
**GNDE:** Blue Print for Europe's Just Transition  
**Edegard C. Portante y otros:** Modeling Electric Power and Natural Gas System Interdependencies  
**KOREA ENERGY:** Master Plan. Outlook and Policies to 2035  
**SUSTAINABILITY:** Energy Return on Investment (EROI);  
 A New Long Term Assessment on Energy Return on Investment (ROI) for US Oil and Gas Discovery and Production;-  
 Facilitating Energy Transition through Energy Commons: An Application of Socio-Ecological Systems Framework for Integrated Community Energy Systems;  
 Application of Blockchain Technology in Sustainable Energy Systems, An Overview;  
**University of Cambridge y COLUMBIA/SIPA Center on Global Energy Policy:** Energizing America. A plan to make the United States the World Leader in clean energy innovation; Energy Systems Integration: Economics of a New Paradigm  
**JISEA (Joint Institute for Strategic Energy Analysis):**  
 A vision for the Hydrocarbon-Renewable nexus;  
 Electric Power Grid and Natural Gas Network Operation and Coordination  
**Georgios Papaefthymiou (University of Patras, Greece):** Integration of Stochastic Generation in Power Systems  
**Diego Mauricio OJEDA-ESTEYBAR y otros Universidad d San Juan, Argentina):** Integrated operational of hydrothermal power and natural gas systems with large scale storages  
**MIT Energy Initiative:**  
 Growing Concerns, Possible Solutions: The Interdependency of Natural gas and Electricity Systems;  
 Utility of the Future (382 páginas);  
 The Future of the Electric Grid;  
**NREL (DOE):** Energy Implications of Current Travel and the Adoption of Automated Vehicles;  
 Opportunities for research and Development of Hybrid Power Plants;  
 Energy Systems Integration: A Convergence of Ideas;  
 Simulating Distributed Energy Resource Responses to Transmission System-Level Faults;  
 Today's Energy Challenges, Tomorrow's Solutions;  
 Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System  
**HOUSE of COMMONS LIBRARY:**  
 Brexit, Energy and Climate Change;  
 The UK's EU Withdrawal Agreement  
**DELFT UNIVERSITY, TSO20 ACTIVITY 2:** Stability Analysis of an International Electricity System connected to Regional and Local Sustainable Gas Systems;  
 The LP optimization model of the energy system of the Netherlands  
 Con otras Universidades de EEUU:  
 Model Predictive Dispatch in Electric Energy Systems with Intermittent Resources; Options for flexibility (Energy Systems Integration requires Changes to Market design);  
 Intelligent Integrated Energy Systems;  
 Future role of Hydrogen in the Netherlands;

Intelligent, Integrated Energy Systems at TU Delft;  
Waterstof de sleutel voor de energietransitie;  
DTU International Energy Report 2018. Accelerating the Clean Energy Revolution;  
Energy systems integration for a decarbonizing world;  
Energy systems integration for the transition to non-fossil energy systems;

**IIESI (International Institute for Energy Systems Integration):**  
Energy Systems Integration: Defining and Describing the Value Proposition;

**CHEMSUSCHEM: Next-Generation Biofuels: Survey of Emerging Technologies and Sustainable Issues**

**James G. Speight: Synthetic Fuels Handbook**

**SANDIA: Energy Storage Systems Costs Update**

**NGA (National Governors Association): Governors Staying Ahead of the Energy Innovation Curve (A Policy Road Map for the States)**

**EISPC (Eastern interconnected States Planning Council): White Paper, Long-term Electric and Natural Gas Infrastructure Requirements;**

**UNIVERSITY OF TENNESSEE: Co-Optimization of Gas-Electricity Integrated Energy Systems Under Uncertainties**

**SUBSECRETARÍA DE PLANEAMIENTO ENERGÉTICO de la SECRETARÍA DE GOBIERNO DE ENERGÍA:**  
Plan Energético Argentino – Lineamientos - Octubre 2018 (91 láminas)  
Escenarios Energéticos 2030, Diciembre 2019 (186 láminas);  
Documento de Síntesis Escenarios Energéticos 2030, Noviembre 2019 (191 páginas);  
Programa Federal Quinquenal de Expansión de obras de Infraestructura Energética. Junio 2020 (186 láminas)

**FUNDACIÓN BARILOCHE: Experiencia Internacional en el Desarrollo de Planes y Acciones de Eficiencia Energética. Lecciones para el Plan Nacional de Eficiencia Energética Argentina (PlanEEAr)**

**PARTNERSHIP INSTRUMENT DE LA UE: Diagnóstico de Producción de Petróleo y Gas (PlanEEAr)**