

Renovables y Nuclear. Respuesta al Dr. Caro (14-04)

A.J. Kreiner

- **Lejos de mi negar el rol de las energías renovables. Hay que aprovecharlas todo lo que se pueda. Pero tienen sus límites.**
- **No estoy de acuerdo en poner en duda el futuro de la energía nuclear. Hoy es la única fuente de energía de base “carbon free” y a valores absolutamente competitivos, como vamos a ver.**
- **La participación de la energía nuclear en la matriz energética argentina debe aumentar para llevarla lo más rápidamente posible a estándares internacionales mínimos (10%).**

Ver: Projected Costs of Generating Electricity 2020 Edition (IEA NEA OECD) y último documento distribuido (presentado en el CARI el 21-04).

Transparencia 3, presentación Dr. Caro

MOTIVACIÓN

- Hoy existe una clara incerteza respecto a cuál es el camino que el país debería seguir para continuar su desarrollo en el campo nuclear
- La razón, en parte, puede ser atribuida a China con su oferta de financiar una o dos centrales nucleares dentro de un acuerdo amplio que involucra otras variables
- Esto ha puesto la disponibilidad de un producto antes de que se determine la necesidad del mismo, desconcertando a la comunidad nuclear, que se expresa sin lograr consenso
- En esta presentación se sugieren opciones con miras a proveer argumentos al poder político que ayuden en la toma de decisiones

Estamos asistiendo a una monumental transformación del sector energético mundial, producto de la conjunción entre factores económicos, climáticos, el progreso sin precedentes de nuevas tecnologías, y políticas proactivas específicas para el sector

Qué hacer frente a este escenario?

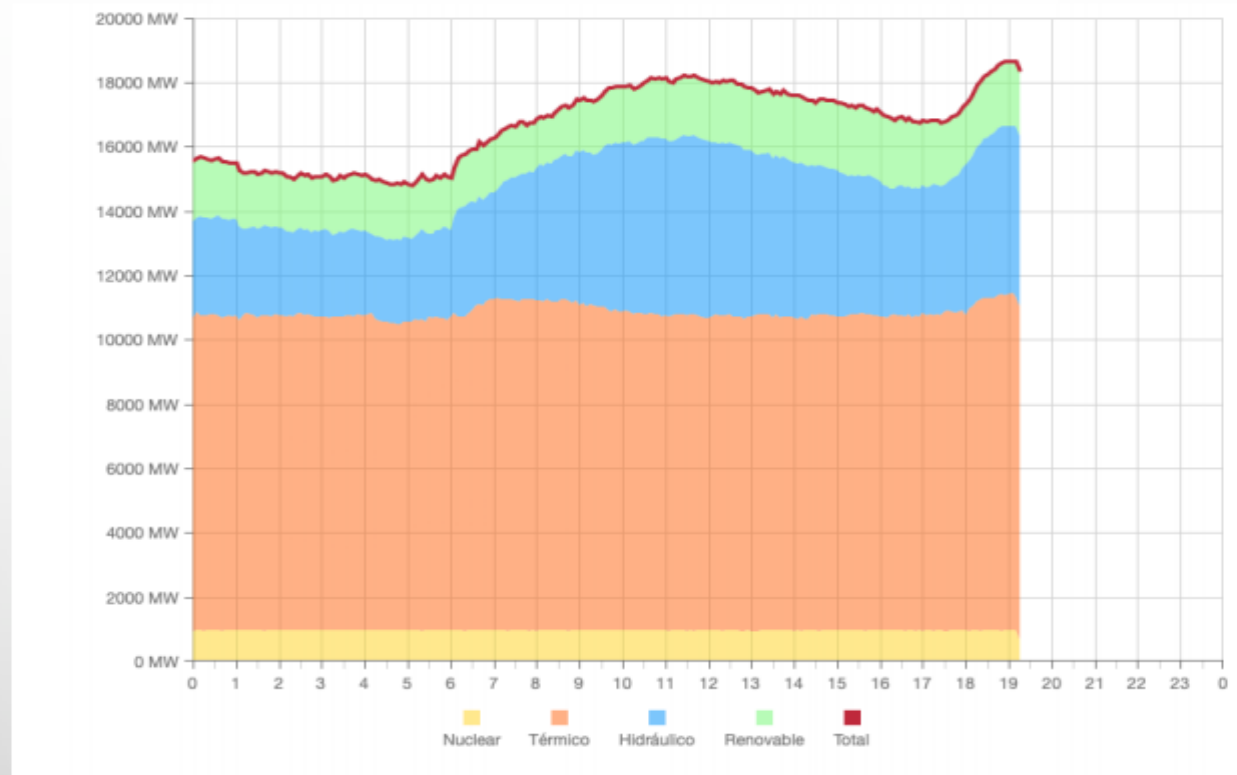
La Argentina había decidido en el 2014-2015: 2 centrales, una CANDU y una Hualong. En particular porque había (y hay) que ampliar la participación nuclear en la matriz energética. Solo con las renovables no alcanza.

Transparencia 6, presentación Dr. Caro

DEMANDA Y GENERACIÓN

Fuente: CAMMESA

Ejemplo: Datos del 9 de febrero 2021, 19:00 h



Conclusión

El mix de renovables no-hidráulicas genera a lo largo de todo el día,
revelando una fuerte componente eólica

Notar el seguimiento de carga realizado por las fuentes más flexibles, hidroeléctrica y térmica

Sería “fair” mostrar
que pasa en un día
nublado y sin viento.

Transparencia 7, presentación Dr. Caro

INFORME CAMMESA 2021

RESUMEN EJECUTIVO - PRINCIPALES VARIABLES MEM - AÑO 2020

TIPO	ENE - DIC 2019	ENE - DIC 2020	% VAR	% Participación 2020
Térmica	24 562	25 365	3.3%	60.5%
Hidráulica	10 812	10 834	0.2%	25.8%
Nuclear	1 755	1 755	0.0%	4.2%
Renovables	2 590	3 997	54.3%	9.5%
TOTAL [MW]	39 719	41 951	5.6%	100.0%

Potencia Instalada

Potencia 2020
41 951 MW

Variación de Potencia

	ALTAS/INCREMENTO	BAJAS	Variación TOT
Térmica	973	171	842
Hidráulica	22	0	22
Nuclear	0	0	0
Renovables	1 408	0	1 408
TOTAL [MW]	2 403	171	2 232

+2 232 MW

+5.6%
Potencia Instalada
2020 vs. 2019

Conclusión:

Potencia instalada
Renovables/nuclear=
 $9.5/4.2=2.26$.

O sea un 126% más. Ver
más adelante..

Durante el gobierno de
Macri se frenó el desarrollo
nuclear y se impulsó un
gran negocio de importación
de renovables sin darle
participación a la industria
nacional.

Conclusión

La potencia instalada crece a un ritmo mayor que el del crecimiento de la economía,
impulsada por las renovables, seguida por las de gas de ciclo combinado

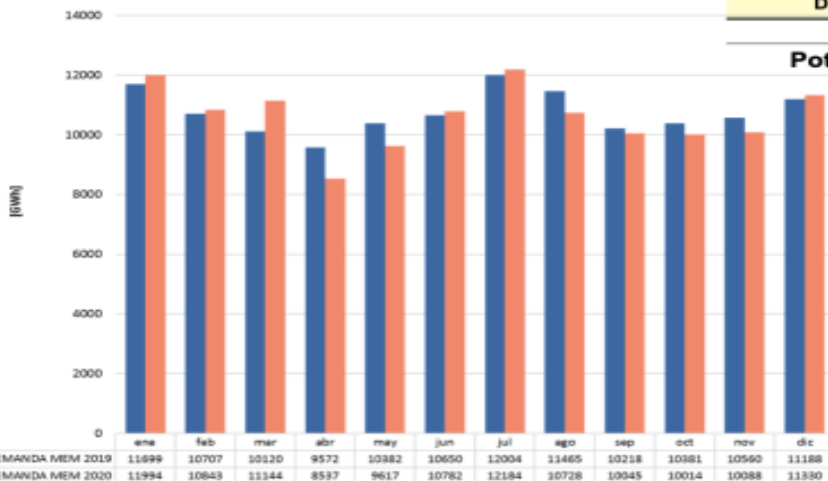
Transparencia 8, presentación Dr. Caro

INFORME CAMMESA 2021

RESUMEN EJECUTIVO - PRINCIPALES VARIABLES MEM - AÑO 2020

Demanda de Energía

DEMANDA Total 2019 - 2020



DEMANDA [GWh]	ENE - DIC 2019	ENE - DIC 2020	Variación %
Residencial	55 527	59 980	8.0%
Consumos Intermedios (Comercio Chico/Grande - Industria Chica)	37 023	35 057	-5.3%
Grandes Consumos	36 397	32 269	-11.3%
DEMANDA LOCAL	128 946	127 306	-1.3% (*)
Exportación	261	3089	1083%
DEMANDA + EXPOR.	129 207	130 395	0.9%
Pot. Max. Bruta [MW]	26 113	25 791	-1.2%

Los cortes se producen cuando el consumo ronda los 26 GWe, no por falta de generación, sino por limitaciones en la distribución

Conclusión:

Si la Argentina no tiene un problema de generación, para que instalar tanta potencia de renovables?

Por otro lado nos quejamos de que el consumo eléctrico per cápita es bajo!

En que quedamos?

Conclusión

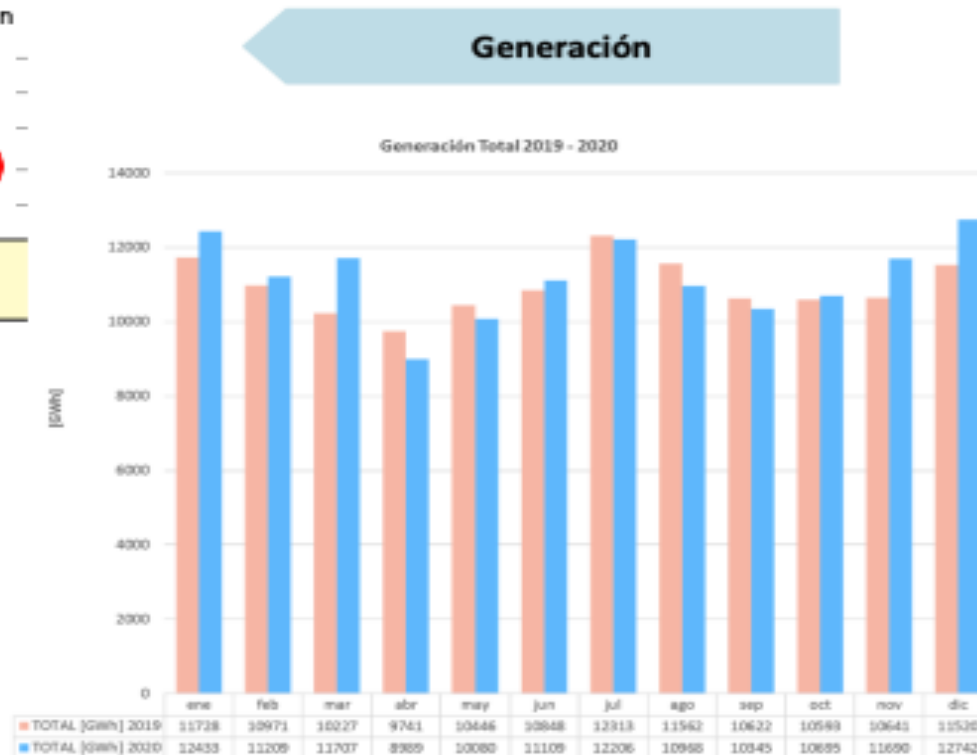
El consumo anual por habitante (127 TWh/año / 45 Mhabitantes = 2.8 MWh/año per cápita) nos coloca en el puesto 80 en el mundo, tres veces menos que los países desarrollados, detrás de Uruguay y Chile, delante de Brasil, Paraguay y Bolivia

Transparencia 9, presentación Dr. Caro

INFORME CAMMESA 2021

RESUMEN EJECUTIVO - PRINCIPALES VARIABLES MEM - AÑO 2020

OFERTA [GWh]	ENE - DIC 2019	ENE - DIC 2020	Participación %
TER	80 137	82 333	60.7
HID	35 370	29 093	21.5
NUC	7 927	10 011	7.4
REN	7 779	12 734	9.4
IMP	2 746	1 204	0.8
TOTAL OFERTA	133 960	135 375	100%



Conclusión

En 2020, por primera vez, las fuentes renovables produjeron más energía que las nucleares, con una progresión significativa: 2.4% en 2018, 6% en 2019, y 9.4% en 2020

Conclusión:

Cociente entre generación (energía) renovable y nuclear: $9.4/7.4 = 1.27$ o sea solo un 27% más. Recordar que el cociente de las potencias nominales instaladas era de 2.26.

Esto revela porque hay que instalar tanta potencia (nominal) renovable: porque su factor de capacidad (de aprovechamiento) es mucho más bajo (entre 20 y 40%). Es 22% para el caso de China que veremos más adelante.

Transparencia 16, presentación Dr. Caro

COSTO NIVELADO (LCOE) DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS (MUNDO, 2020)

Observación:
Estos costos nivelados son completamente diferentes a los publicados en el [reporte 2020 de la IEA, dependiente de la OECD.](#)

Ver próxima transparencia.

Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



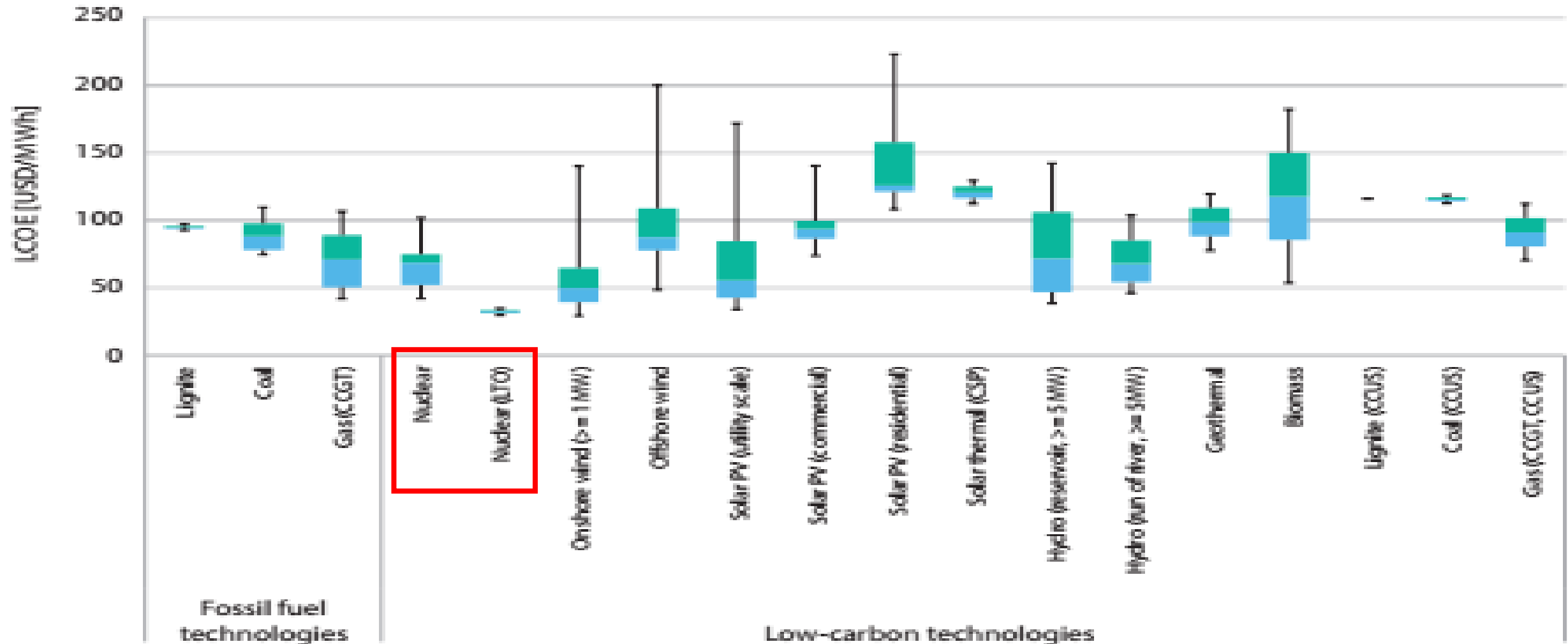
$$\text{LCOE} = \frac{\text{sum of costs over lifetime}}{\text{sum of electrical energy produced over lifetime}}$$

Conclusión

En 2020, el costo nivelado de las energías fotovoltaica y eólica es inferior al de gas de ciclo combinado y significativamente inferior al de la generación nuclear

LCOE of different energy sources (se muestra que la nuclear es comparable con las renovables).

Figure ES1: LCOE by technology



Note: Values at 7% discount rate. Box plots indicate maximum, median and minimum values. The boxes indicate the central 50% of values, i.e. the second and the third quartile.

Transparencia 17, presentación Dr. Caro

COMPOSICIÓN DEL COSTO NIVELADO

(MUNDO, 2019)

'OVERNIGHT' OR CAPITAL COST

Technology	USD/GWe
CCGT	1000
Wind (land)	1600
Photovoltaic (static)	1800
Photovoltaic (tracking)	2000
Hydro	2700
Nuclear	6000
Wind (off-shore)	6500

OPERATION & MAINTENANCE COSTS FOR THREE TECHNOLOGIES

USD/MWh	Nuclear	CCGT	Hydro
Operation	10.9	2.5	6.7
Maintenance	7.0	2.8	4.3
Fuel	7.5	26.5	-
Total	25.4	31.8	11.0

Observación:

Estos valores de costo de capital “overnight” son confudentes. Son solo costos por potencia nominal instalada y no toman en cuenta el factor de aprovechamiento. Y estas cantidades están mal mencionadas (son USD/GWe en lugar de USD/MWh como correspondería a LCOE).

P.ej. : en el caso de eólica (land=on shore) habría que multiplicar por casi un factor 5. A saber:
 $1600/0.22 = 7273$ (factor promedio para China).

Transparencia 18, presentación Dr. Caro

CANDU EN EL MUNDO HOY

- 10 de los 19 CANDU en Canadá serán puestos fuera de servicio en los próximos 5 años, quedando 9, de los cuales 5 ya han tenido trabajos de extensión de vida y 4 lo tendrán en breve
- India tiene 2 de Canadá y 13 más con tecnología propia; acaba de inaugurar uno y tiene otro en construcción. El caso de India es particular, por las importantes reservas de torio, la no-firma del TNP, el desarrollo de armas nucleares, ...
- Corea tiene 3, que serán desactivados en 2026; notar que Corea realizó entre 2009 y 2011 la extensión de vida de un CANDU-6, pero en 2017 el reactor fue cerrado por inviabilidad económica
- China tiene 2 que comenzaron su operación en 2002/3. China está interesada en la utilización de elementos combustibles mixtos, para en el futuro utilizar el plutonio producido en su flota de reactores civiles y militares
- Rumania tiene 2, del 1996 y 2007, Pakistán 1, de 1971, Argentina 1, de 1984, con extensión de vida en 2015
- Esto hace 31 PHWR operando en el mundo, un número inferior a los ~44 en su apogeo, y en franca disminución en los próximos años
- No existe en la actualidad en el mundo un diseño CANDU post-Fukushima (i. e. adaptado a las nuevas normas de seguridad) listo para ser licenciado en países otros que los que los fabrican para sus mercados domésticos (India y China)
- No existe país con economía de mercado, democracia pluripartidaria, y no poseedor de armas nucleares, que sea potencial comprador de dicha tecnología, excepto Argentina, a quien China le ofrece el financiamiento

Conclusión

En la actualidad, no hay ningún país comprador de CANDU
Sólo se construye en los dos países que lo hacen con licencia propia
La tecnología CANDU no tiene mercado debido en parte a la menor potencia comparada con
Gen III+ (700 contra 1000-1400 MWe) que los penaliza económicamente

Observaciones:

En la próxima transparencia damos cuenta de la situación de las CANDU hoy.

Canadá tiene diseños muy actualizados de CANDU.

No se que tiene que ver esto de las democracias pluripartidarias.

Nosotros no pensamos en comprar una CANDU sino en hacerla. Y se puede hacer en un 70% con recursos humanos e industriales propios. Como se demostró con el PEV de Embalse.

Aquí vale el argumento de cuanto más grande mejor que no parece aplicarse a los SMRs. No hay diferencia significativa en costos entre CANDU y PWR.

Inserción y perspectiva internacional de la tecnología PHWR y de los reactores CANDU (2020)

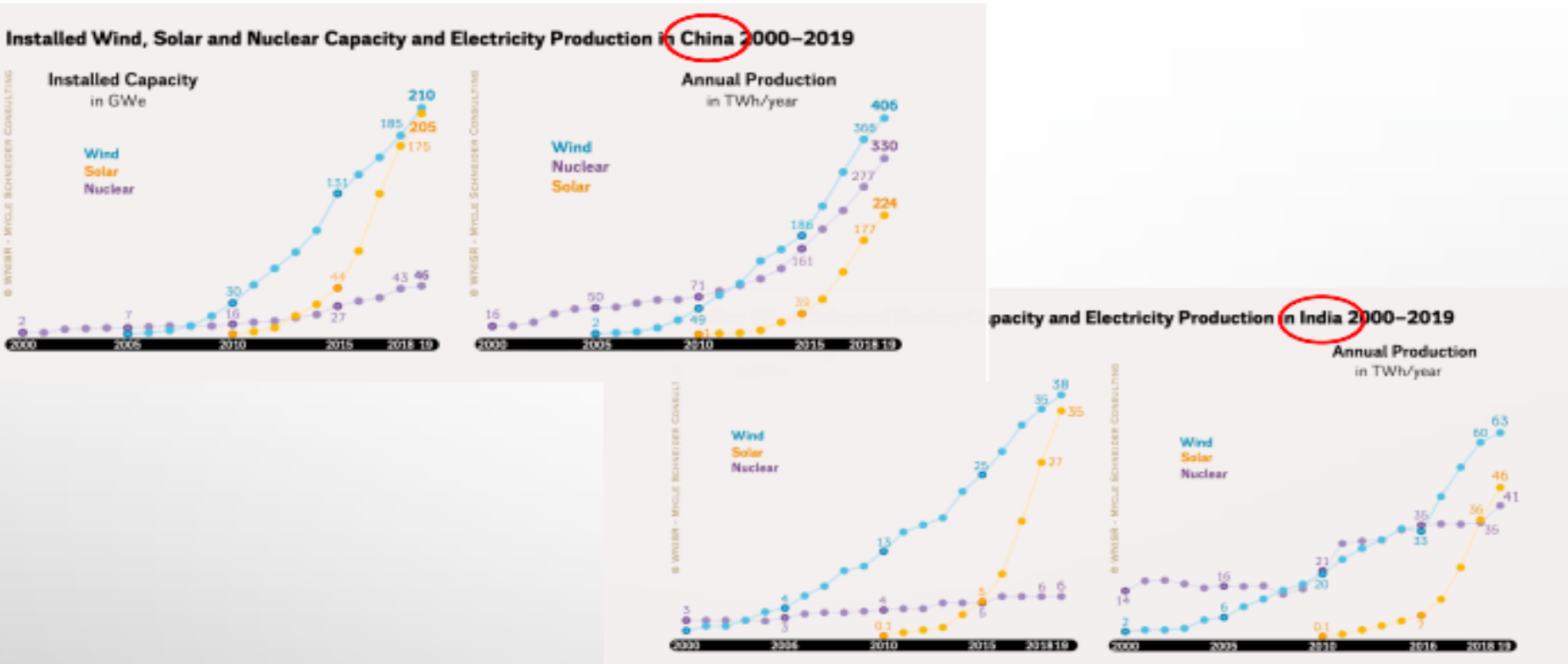
Actualmente hay **50 (11%)** reactores **PHWR / CANDU** en uso en todo el mundo, la mayoría de ellos desarrollados a partir del diseño CANDU.

El desglose:

- **Canadá: 19** (extensión de vida, muy conveniente, LTO!). Anuncio de inversión en SMRs CANDU.
- **Corea del Sur: 4**
- **India: 18 activos derivados de CANDU + 1(listo) + 3 similares en construcción + 10 planeados.** El parlamento indio acaba de ratificar..
- **Argentina: 3 (+1?)**
- **Rumania: 2 (+2).** Cernavoda 3 y 4. Acuerdo EEUU-Rumania (100%).
- **Pakistán: 1.**
- **China: 2 (+2 planeados: Acuerdo con Canadá)**
- **EEUU: Desarrollo de nuevo combustible en base a torio. Gran apuesta a la energía nuclear..**
- **TOTAL: 50 (+5), 11% de un total de 448 reactores a nivel mundial.**
- **Mercado para PIAP. India no tiene suficiente D₂O hoy para su programa de CANDUs.**

Transparencia 23, presentación Dr. Caro

TRANSFORMACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN CHINA E INDIA



Conclusión

China e India, los 2 países que más expanden sus sectores nucleares, lo hacen a un ritmo mucho menor que las renovables: en 2019 tienen ~10 veces más potencia instalada en renovables que en nuclear (Argentina tiene 2.3 veces más)

A pesar de ser los países que más reactores construyen, la realidad sugiere que la transformación se está dando con otras tecnologías

Ya en 2019 las renovables produjeron el doble (China) y más del doble (India) de energía que las fuentes nucleares

Observación:

Caso China, eólica vs nuclear. Cociente

capacidades instaladas
 $=210/46= 4.56$

Cociente energía
producida= $406/330=1.23$

El cociente entre la energía efectivamente producida y la calculada a partir de la nominal (instalada) es
para la eólica= $406/1840=0.22$

Y para la nuclear= $330/403=0.82$

Hay un factor 3.72 a favor de la nuclear.

Transparencia 27, presentación Dr. Caro

SMR - SMALL MODULAR REACTORS

Alrededor de 50 proyectos en el mundo; uno de ellos el CAREM argentino

- Construidos en fábrica, en serie, y transportados al emplazamiento final por barco, camión, ...
- Construcción modular, que disminuye el costo financiero
- No existe aún una estimación del costo de estas instalaciones
- Se piensa que representan el futuro de la energía nuclear si el LCOE es de ~50 USD/MWe

Observación:

Hay muchas afirmaciones sobre los SMRs.

Algunas controversiales.

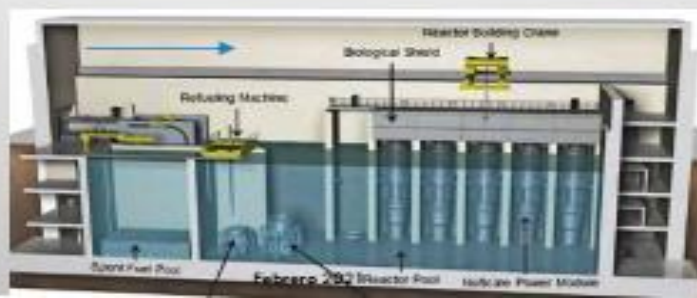
Pero la realidad esta dicha aquí: “No existe aún una estimación del costo de estas instalaciones”.

En estas condiciones no es razonable jugar **todas las fichas** al CAREM..

Russia, with Akademik Lomonosov (2x35MWe)



USA with NuScale (12x60MWe)

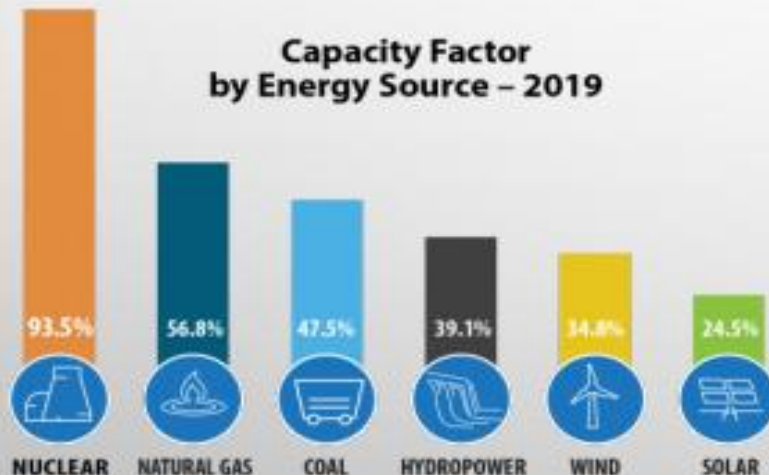
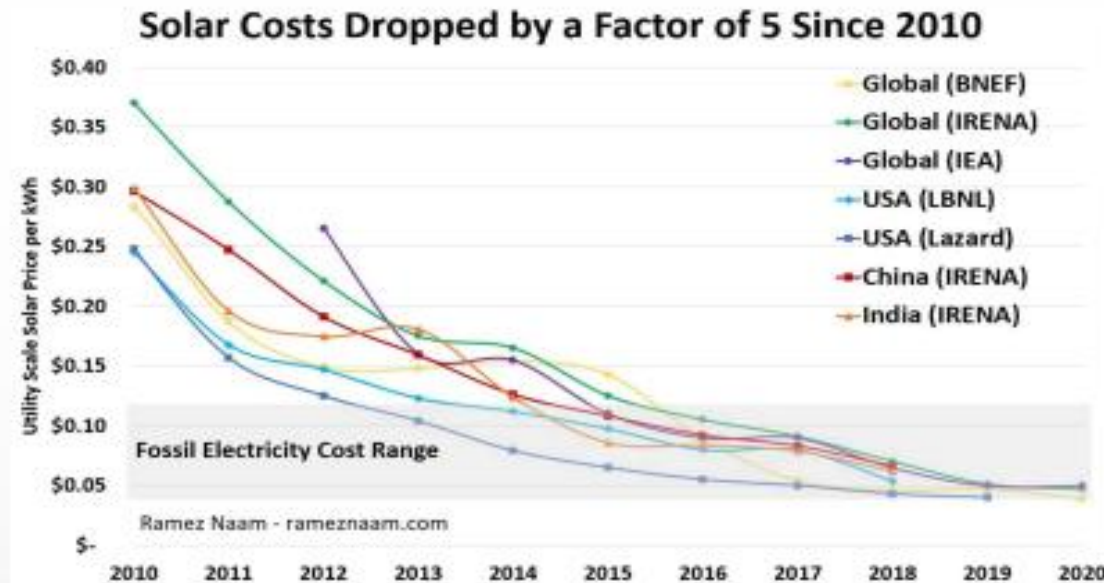


Argentina with CAREM (25 MWe)



Transparencia 28, presentación Dr. Caro

SOLAR Y EÓLICA SON LA SOLUCIÓN?



EL Levelized Cost of Energy (LCOE) muestra que entre 2009 and 2019

- El costo de solar bajó un 89%
- El costo de eólica bajó un 70%
- El costo de nuclear subió un 26%

La brecha continúa creciendo en 2019 y 2020

Las renovables traen aparejado el problema del almacenamiento si su porcentaje en la matriz energética es elevado

Observación:

Hay que explotar las renovables todo lo que se pueda.

Pero a partir de un cierto porcentaje crecen los problemas (y los costos sistémicos).

La matriz energética debe estar balanceada.

La única opción “carbon free” y de base es la nuclear (aún la hidroeléctrica está sujeta a variabilidad climática/hidrológica).

Transparencia 32, presentación Dr. Caro

DESAFIOS A 5-10 AÑOS PARA EL SECTOR NUCLEAR ARGENTINO

Parafraseando a un político de otras latitudes,

No pregunten qué puede hacer Argentina por el sector nuclear, sino qué puede hacer el sector nuclear por Argentina

Los organismos del Estado y las empresas del sector podrían encontrar oportunidades en las siguientes áreas:

- Devenir proveedor de combustible y agua pesada para alguna/s de las ~31 centrales CANDU del mundo
- Proveer servicios de Extensión de Vida para las centrales CANDU que lo estén considerando
- Asociarse con una fuente de financiación externa para desarrollar y comercializar el CAREM
- Asociarse con Brasil para producir U enriquecido para el combustible de CAREM y Angra
- Desarrollar capacidad de decomisado para proveer servicios a los numerosos reactores que lo necesitarán en el futuro
- Promover la creación de la Comunidad Latinoamericana de Energía Atómica, 'SURATOMICA', el 'equivalente' de Euratom, para desarrollar y difundir conocimientos técnicos, establecer normas de seguridad uniformes, y garantizar el uso civil de los materiales nucleares, y para promover el comercio de tecnología nuclear entre sus miembros (propuesta de C. Varotto, en Ciencia e investigación, Reseñas, Tomo 7 Número 3, 2019)
- Transformar CNEA en Comisión Nacional de Energía y Ambiente, interesándola en las numerosas oportunidades que la transformación energética actual ofrece

Observaciones:

Celebramos el reconocimiento de que es importante preservar la PIAP (agregamos nosotros: no solo para exportar sino para cubrir nuestras propias necesidades).

Falta aquí el desarrollo de un CANDU nacional (y muchas otras cosas; ver doc. 55 años de APCNEAN).

Vamos a proveer combustibles, D2O y servicios de extensión de vida (es decir hardware y software) para la tecnología CANDU que se está muriendo en el mundo y no aprovecharla en nuestra casa!

CNEA hace mucho que se ocupa de renovables. No hace falta cambiar el nombre.