

Mitigación de emisiones a través del desarrollo de la utilización de Energías Renovables

**2ª Comunicación Nacional del
Gobierno de la República Argentina
a las Partes de la
Convención Marco de las Naciones Unidas
sobre Cambio Climático**

MR-Consultores

Equipo de Trabajo

- Carlos Formica
- Guillermo Gallo Mendoza
- Héctor Mattio
- Jaime Moragues
- Alfredo Rapallini
- Luís Saravia

COLABORADORES

- Gustavo Nadal
- Abel Pesce

Objetivos

- Evaluar el Mercado de las Energías Renovables en la Argentina.
- Identificar un portafolio de proyectos de Energía Renovable que pueda ejecutarse a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio u otros programas bilaterales o multilaterales.

Energías Renovables

- Energía solar
- Energía eólica
- Energía de biomasa
- Energía geotérmica
- Pequeños aprovechamientos hidroeléctricos

Evaluar el Mercado de las Energías Renovables en la Argentina

- Análisis de antecedentes del marco legal e institucional
- Análisis de disponibilidad de datos de mercado y de recursos energéticos de FNRE.
- Análisis de programas desarrollados a nivel nacional y provincial, estado actual de la tecnología y análisis de barreras.

Marco Legal y Regulatorio

Marco Nacional Legal y Regulatorio

Normativa	Comentario
Ley N° 25.019/1998 Decreto N°1.597/1999	Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar
Decreto N°1396/2001	Plan de Competitividad para el Combustible Biodiesel
Resolución N°129/2001	Secretaría de Energía y Minería. Definición y especificaciones del Biodiesel
<i>Proyecto de Ley/2005</i>	<i>Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica</i>

Provincia	Normativa	Comentario
Chubut	Ley N°4389/1998 Decreto N°235/ 1999	Energía eólica
Buenos Aires	Ley N° 12603/2001	Generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovables
	Decreto N° 2.085/2003	El Convenio de Participación en el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER)
Tierra del Fuego	Ley N° 295/1996.	Energía Eólica: Declara de Interés Provincial su Generación, Transmisión, Distribución o Uso
Santa Cruz	Ley 2796/2005	Régimen Provincial de Energías Renovables
	Decreto 120/2005.	Convenio de Participación en el PERMER
Santa Fe.	Proyecto de Ley/2005	Declara de interés provincial la generación y el uso de energías alternativas

Marco Institucional

Ministerio	Secretaría	Programa	Comentario
Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios	Energía Subsecretaría de Energía Eléctrica	“Proyecto Energías Renovables en Mercado Rurales”- PERMER	Préstamo del Banco Mundial (30 MUSD) Subsidio del Fondo Mundial del Medio Ambiente (10 MUSD)
		Dirección Nacional de Promoción, Área de Coordinación de Energías Renovables.	Diseño programas y acciones para el desarrollo de ERNC y proyectos piloto de demostración
	Minería	Departamento de Geotermia	Responsable del uso de la energía geotérmica en el país
		Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica	Desarrollo parques eólicos de potencia
Economía y Producción	Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos	Dirección de Agricultura	Programa Biocombustibles (Biodiesel y Bioetanol)
Jefatura de Gabinete de Ministros	Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable	Unidad para el Desarrollo Energético Sustentable	Estudio de aplicaciones de ERNC en su relación al medio ambiente

Ministerio	Organismo	Programa	Comentario
Educación	Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva	Programa Especial de Recursos Renovables y no Renovables. Subprograma Energía y Transporte	Aporta fondos para proyectos específicos en ERNC
	Dirección de Infraestructura		Aporta el 20 % en el programa de abastecimiento eléctrico de escuelas del PERMER
	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT)	Aportan fondos para investigación, para desarrollo de equipos y para implementación de fábricas de los mismos.
		Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR)	
	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas- CONICET		Apoya investigaciones y desarrollos, ERNC. Es importante para la formación de recursos humanos especializados.

Nivel Provincial

- Son pocas las provincias que tienen un ente dedicado específicamente a la utilización o al impulso de la FNRE.

Como ejemplo se puede mencionar a

- Salta -Empresa de Sistemas Eléctricos Dispersos S.A. (ESED S.A.)
- Jujuy -Empresa Jujeña de Sistemas Eléctricos Dispersos S.A (EJSEDSA)
- Neuquén - esta función es realizada por el Ente Provincial de Energía del Neuquén. (EPEN).

Resumen de las instalaciones de FNRE realizadas en el País

La mayoría de los proyectos se realizaron con un fin más social o de desarrollo regional, o sea, proveer energía a zonas remotas donde los sistemas convencionales no llegan, y donde los usuarios no tienen, en general, capacidad de pago de los servicios en forma integral.

Proyecto Energías Renovables en Mercado Rurales PERMER

La Secretaría de Energía obtuvo

- Un préstamo del Banco Mundial de 30 M US\$
- Una donación Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF).
10 M US\$
- El proyecto está en operación desde Octubre de 1999

El financiamiento estimado del PERMER es de aproximadamente US\$ 58,2 millones

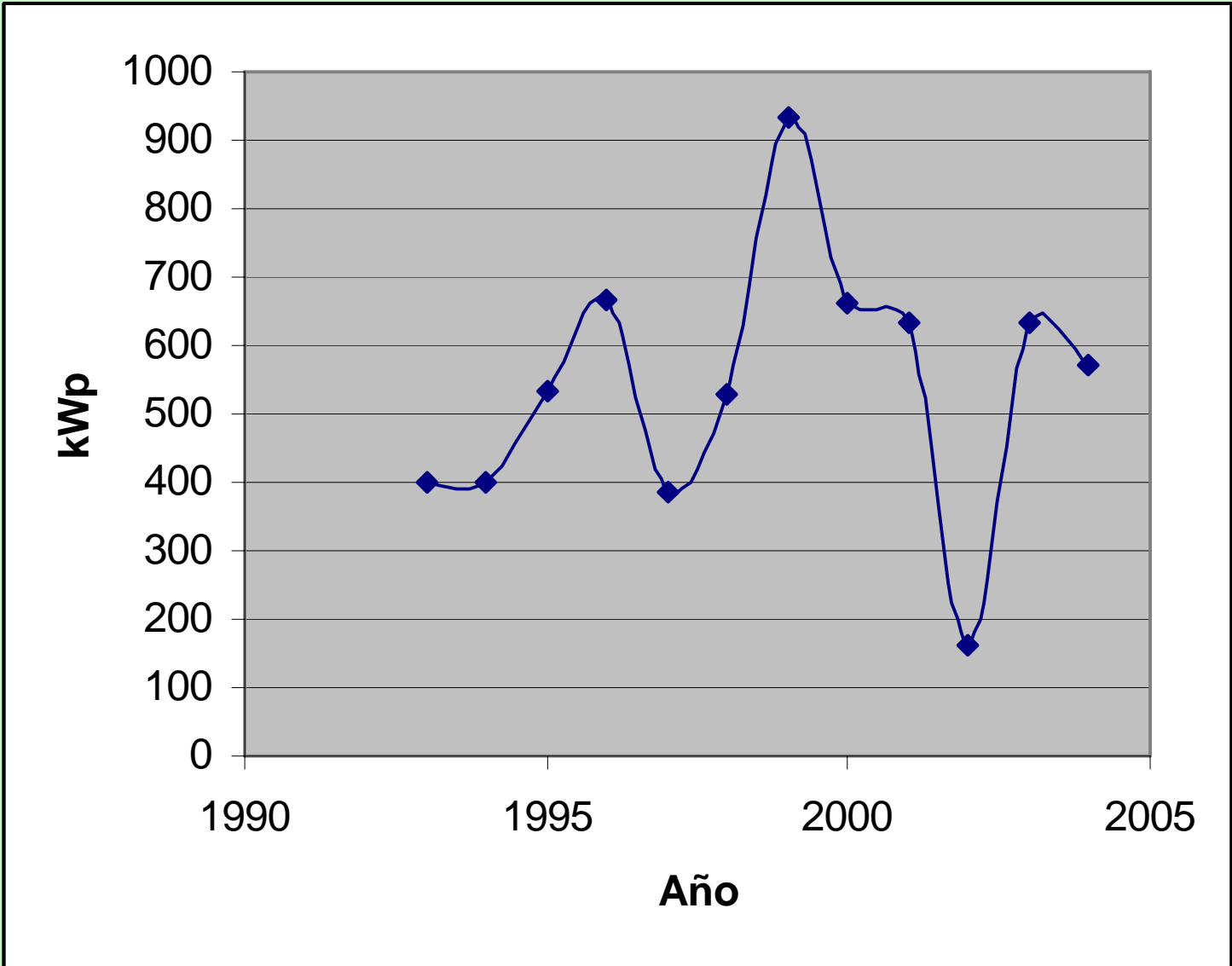
- ~70% es aportado por la Secretaría de Energía a través del préstamo BM y la donación GEF,
- 4% por el Ministerio de Educación para la electrificación de escuelas rurales,
- 9% con fondos provinciales
- 17% restante por el sector privado: concesionarios y usuarios

Escuelas, Viviendas y otras instalaciones

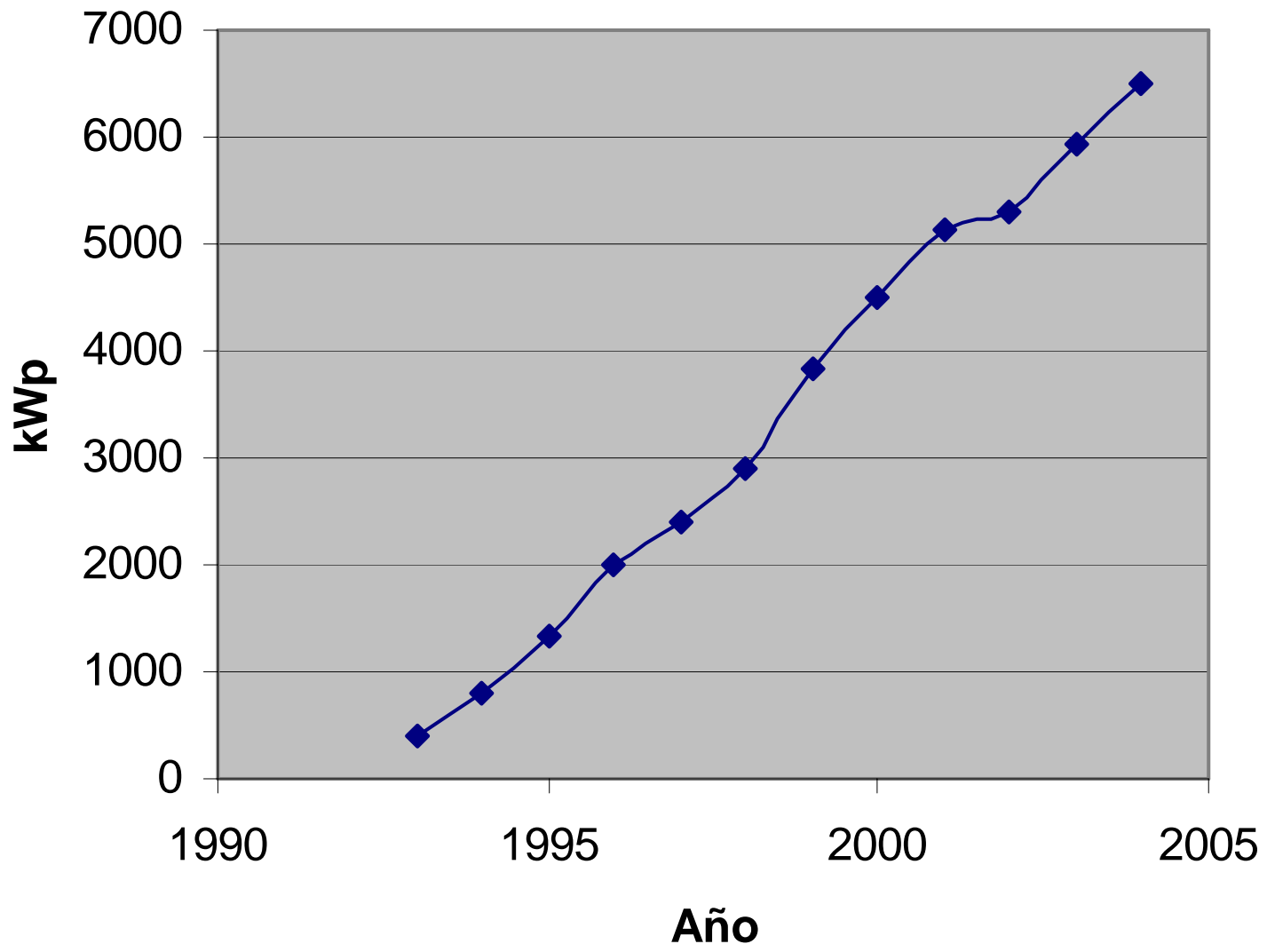
Estado	Número Instalaciones	Wp
Instaladas	2.777	55.250
En Instalación	400	40.000
Licitación adjudicada	81	91.100
En licitación	2.471	363.090
Total	5.729	1.049.440

Total de instalaciones

Se obtuvo el total de paneles fotovoltaicos instalados desde 1993 hasta el 2004 a través de las importaciones de paneles y celdas fotovoltaicas



Información suministrada por Ing. Alejandro Zitzer, Numericon S. A



Sistemas solares térmicos

- **Edificios bioclimáticos** En Catamarca, La Pampa, Mendoza, Salta y Tucumán, Bs. As. hay un total de 28 edificios.
- **Cocinas solares:** concentradores en 8 escuelas de Jujuy, Salta, Catamarca y Córdoba. 30 a 40 cocinas tipo familiar
- **Colectores planos:** No hay estadística de los instalados.
- **Destiladores de agua:** 10 equipos en las provincias de Chaco, Salta y San Luis.
- **Secado solar de productos agropecuarios**

Energía eólica

Provincia	Localidad	Puesta en servicio	Potencia (kw)	Detalle de maquinas kW	Vel. media Anual (m/s)	Propietario/operador
Chubut	Comodoro Rivadavia	190/1/94	500	2 x 250	9,4	PECORSA
	Rada Tilly	18/03/96	400	1 x 400	10,2	COAGUA Coop. Ltda.
	Comodoro Rivadavia	12/09/97	6.000	8 x 750	9,4	SCPL Com. Riv.
	Comodoro Rivadavia	10/ 01	10.560	16 x 660	9,4	SCPL Com. Riv.
	Subtotal			17.460		
Buenos Aires	Pehuen Co	170/2/95	400	1 x 400	7,3	Coop. eléctrica de Punta Alta
	Tandil	26/05/95	800	2 x 400	7,2	CRETAL Coop. Ltda.
	Mayor Buratovich	22/10/97	1.200	2 x 600	7,4	Coop. eléctrica de M. Buratovich
	Darregueira	19/09/97	750	1 x 750	7,3	CELDA Coop. Ltda
	Punta Alta (bajo hondo)	10/12/98	1.800	3 x 600	7,8	Coop. eléctrica de Punta Alta
	Claromecó	26/12/98	750	1 x 750	7,3	Coop. eléctrica de Claromeco
	Subtotal			5.700		
Santa cruz	Pico Truncado	5/03/01	1.200	2 x 600	10,3	Municipalidad de Pico Truncado
	Pico Truncado (Ampliación.)	05/05	1.200	2 x 600	10,3	Municipalidad de Pico Truncado
	Subtotal			2.400		
La pampa	Gral. Acha	11/ 02	1.800	2 x 900	7,2	COSEGA Ltda.
Neuquén	Cutral Co	20/10/94	400	1 x 400	7,2	COPELCO Coop. Ltda.
TOTAL			27.760			

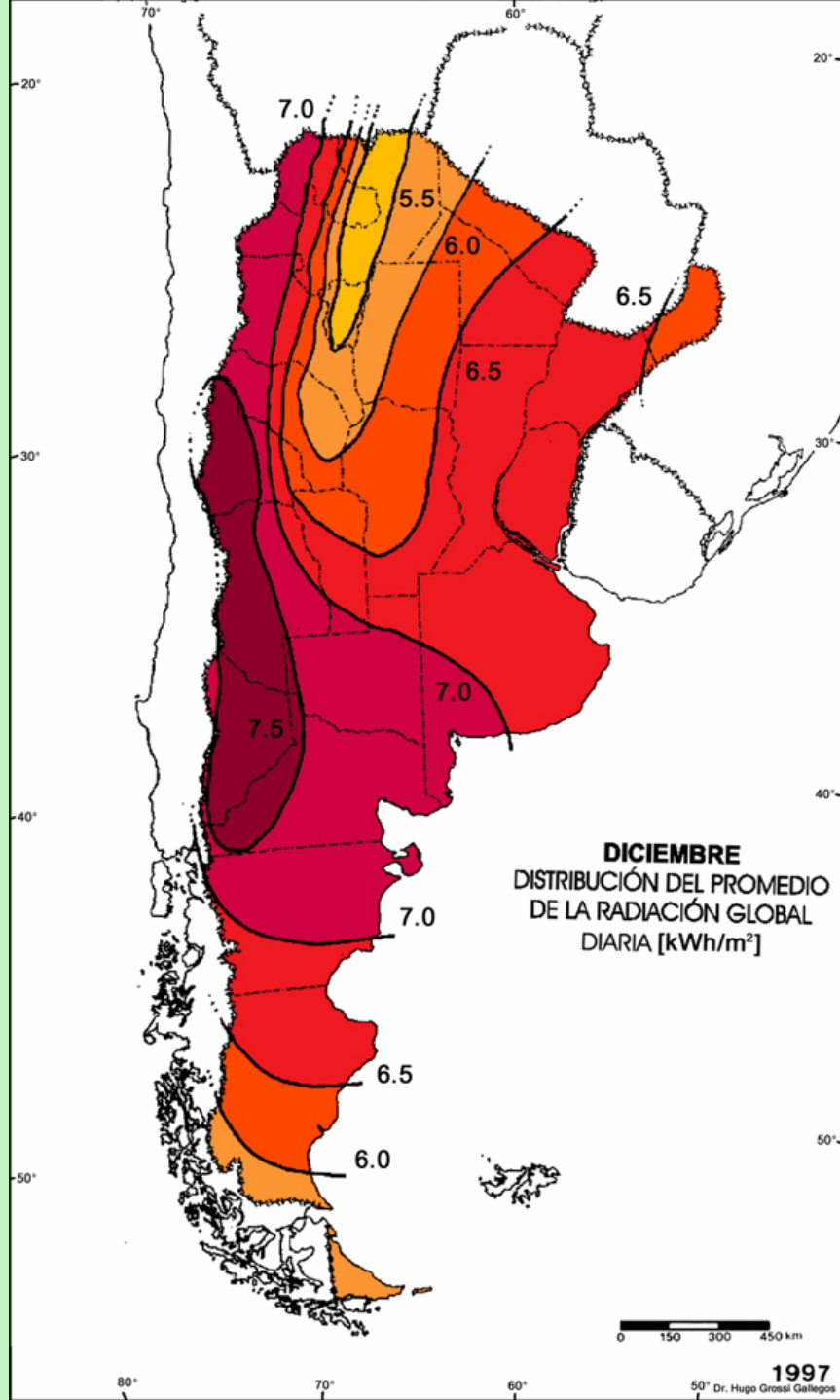
Pequeños Aprovechamientos Hidráulicos

- 79 centrales instaladas en el intervalo de energía de 4 a 7.200 kW
- Total instaladas 94.424 kW
- Se encuentran en operación 40 máquinas.
- En operación 72.928 kW y dos centrales en reserva fría 1.297 kW.

Tecnologías disponibles en Argentina

Se ha realizado el relevamiento de los datos disponibles de:

- Energía solar
- Eólica
- Biomasa
- Geotermia
- Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos



Grossi Gallegos, H. (1998)

Impacto de las FNRE sobre las emisiones de GEI

Energía	CO2 equivalente/año evitado
Solar fotovoltaica	10.674 t
Eólica	78.235 t
Pequeños aprovechamientos hidroeléctricos	143.741 t
Geotérmica	106.700 t

Identificar un portafolio de proyectos de energía renovable que puede ejecutarse a través del:

- **Mecanismo de desarrollo limpio**
- **Otros programas bilaterales o multilaterales**

CRITERIOS RELEVANTES PARA ESTABLECER PROYECTOS

- **Disponibilidad del recurso energético seleccionado en la zona donde se realiza el proyecto.**
- **Demanda de energía en la zona donde se realiza el proyecto.**
- **Disponibilidad y accesibilidad en el mercado de equipos necesarios.**
- **Disponibilidad y accesibilidad de infraestructura de O&M en la región.**
- **Costo-efectividad de los programas.**
- **Viabilidad económica y financiera a través de la utilización del Mecanismo de Desarrollo Limpio y otros programas.**
- **Diversos aspectos ambientales**

Sobre la base de estos criterios se seleccionaron proyectos que:

➤ Tuvieran posibilidad de concretarse en los próximos 10 años,

Siempre que se dieran las condiciones de marco legal de apoyo a la FNRE así como medidas de promoción

✓ para los potenciales usuarios

✓ para los proveedores de tecnología.

Centrales Eólicas de potencia

Proyecto Provincia	Potencia a Instalar (MW)	Velocidad Media m/s.	Factor de Utilización (Eficiencia) %	Producción Anual Estimada MWh/año	Fecha de puesta en operación	Costo de la Central MUS\$	Costo centavos US\$/kWh
Buenos Aires	140	8.0 / 8.5	34 (97)	416.976	2009	160	4.79
Chubut	9,6	8.0 / 8.5	34 (97)	28.592	2010	10	5.29
Chubut	50,4	8.0 / 8.5	34 (97)	150.112	2010	60	5.75
Chubut	50,25	12	47 (97)	206.889	2011	46	3.12
Chubut	7	12	46 (97)	28.207	2011	7	3.49
Chubut	60	10	44 (97)	231.264	2012	72	4.42
Chubut	60	11 / 13	48 (97)	252.288	2006	72	3.69
Santa Cruz	60	11 / 13	48 (97)	252.288	2007	72	3.69
La Rioja	60	8.5 / 9	42 (97)	220.752	2007	72	4.24
Buenos Aires	60	8.5 / 9	42 (97)	220.752	2008	72	4.24
Buenos Aires	100	8.0 / 8.5	40 (97)	350.400	2008	130	4.46
Neuquén	40	8.5 / 9.0	42 (97)	147.168	2009	45	4.34
Chubut	300	11/13	48 (97)	1.261.844	2012	300	3.69
Santa Cruz	300/400	11/12	48 (97)	1.147.122/1.529.496	2014	330/340	4.07
Río Negro	100	8/10	42 (97)	321.194	2013	110	4.89
Neuquén	100	8.5	41 (97)	313.546	2013	110	5.01
La Rioja	300	8.5/9	42 (97)	963.582	2013	330	4.89
Bs. As.	100/200	8/8.5	40 (97)	305.899 / 611.798	2011/2014	110/120	5.14
Total	1.898/2.098			6.818.375/7.507.148			

Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos (PAH)

Proyecto	Ríos	Salto (m)	Caudal (m ³ /s)	Potencia (kW)	Energía Anual (MWh)	Inversion (MUS\$)	Costo Centavos US\$/kWh	
Localidades Aisladas	Los Antiguos	Los Antiguos	100	1,5	1200	7.699	1,8	2,7
	Río Mitre	Mitre	85	4,5	3200	20.000	4,5	2,5
	Gobernador Gregores	Chico	25	5,0	1000	8.100	1,8	2,5
	Poncho Moro	Arroyo Poncho Moro	200	2,0	3000	16.820	5,5	3,7
S I N	Salto Andersen	Colorado	7,50	47	7000	55.200	7,3	1,5
	Las Pirquitas	del Valle	70	3,5	2000	15.800	3,4	2,4
	Arroyo Lindo	Arroyo Lindo	425	0,6	2000	14.900	4,0	3,0
	La Florida	Quinto	61,5	4,1	2000	12.264	2,5	2,3
TOTAL					21.400	150.783		

Conversión térmica energía solar

Aplicación	Instalación	Comentarios
Calentadores de agua uso domiciliario	180.000 m2 anuales.	Ahorro GLP 250.000 t/año.
Cocinas solares tipo concentrador Zona andina y valles subandinos de la Argentina	6.000 cocinas comunales a instalar.	Ahorro de gas envasado de 310 t/año
Cocinas solares tipo familiar	9.200 cocinas/año	Ahorro gas envasado 1.250 t/ año
Viviendas solares Sistemas pasivos	Los sistemas solares son capaces de cubrir el 70 % de la carga térmica total.	

Conversión fotovoltaica de la energía solar

Año	Potencia instalada MW	Energía generada MWh/año	Emisiones evitadas t _{CO2eq}
2005	7,8	11.863	10.676
2006	9,4	14.235	12.811
2007	11,2	17.082	15.374
2008	13,5	20.498	18.448
2009	16,2	24.598	22.138
2010	19,4	29.518	26.566
2011	23,3	35.421	31.879
2012	27,9	42.505	38.255
2013	33,5	51.007	45.906
2014	40,2	61.208	55.087
2015	48,3	73.449	66.104
TOTAL	250,7	381.384	343.244

Biomasa

- Biodiesel: 7.9% del consumo total de GO en agro y transporte al 2015
- Biogas de relleno sanitario: 14.9% de la demanda de GN residencial y comercial al 2015
- Cocinas a leña: 1% de la demanda de GLP del sector residencial al 2015

Energía Geotérmica

Se consideran aplicaciones de

- **Alta entalpía:** Central eléctrica de 30 MW conectada al sistema eléctrico nacional. Entraría en operación 2010 entregando 199.730 MWh/año
- **Baja entalpía:** La potencia actualmente instalada puede llegar a triplicarse en los próximos 10 años, lo que lleva a
Potencia acumulada de ~200 MWt
Energía anual total de ~700.000 MWht

Estudio de mitigación del cambio climático por empleo de FNRE

ESTUDIO DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR EMPLEO DE FNRE

- En los dos Escenarios estudiados (de Base y de Mitigación) se analizó la evolución de cada sector el funcionamiento detallado por sector, mediante el uso del modelo LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning System)
- La proyección, en cada escenario, se realizó mediante una apertura de los consumos en los principales sectores, subsectores y fuentes donde se consideró viable y significativa la penetración de las fuentes renovables de energía.

ESTUDIO DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR EMPLEO DE FNRE

- Cada uno de estos escenarios energéticos es analizado en el marco de un escenario socioeconómico.
- Los escenarios energéticos de base y de mitigación sólo se diferencian en la estructura de fuentes en los sectores de demanda y transformación, siendo iguales los consumos finales de energía para cada sector.

- Se ha tomado como fundamento para construir el escenario energético de Base o de Referencia la Prospectiva 2002 elaborada por la Secretaría de Energía de la Nación, dado que es la única información oficial con proyección a mediano y largo plazo cubriendo el período 2003-2012
- Para la definición del escenario socioeconómico se partió de los datos del año 2000 debido a que es el año para el cual se realizó el Inventario de Gases de Efecto Invernadero

Emisiones de GEI en el Escenario de Mitigación

Diferencia acumulada de emisiones de CO₂ no biogénico, CH₄, N₂O entre escenarios durante el período 2000-2015

GEI	Emisiones acumuladas 2000-2015	
	Gg	Gg CO ₂ eq
CO ₂	42.738	42.738
CH ₄	2,16	45,37
N ₂ O	1,28	395,52

Emisiones evitadas CO2 equivalente (CO2+21CH4+310N2O)

Sector	Fuente	Gg				
		2000	2005	2010	2015	Total acumulado 2000-2015
Residencial	Solar	0	48,05	217,62	499,71	2.652,44
	Biogas	0	95,35	485,85	1.085,14	5.844,38
Industria	Solar	0	4,26	25,36	64,67	314,18
	Geotermia	0	2,13	7,25	13,86	88,87
Centrales Eléctricas	EPAH	0	0	141,93	358,98	1.737,90
	Eólica	0	0	638,68	2871,87	11.419,03
	Geotermia	0	0	127,74	107,70	947,23
	Biomasa	0	0	252,65	426,06	2483,71
Comercial	Solar	0	20,21	90,13	221,06	1.132,72
	Biogas	0	26,76	146,24	348,75	1.806,09
	Geotermia	0	13,47	57,35	100,48	622,12
Transporte carretero	Biodisel	0	171,50	923,01	2.216,68	11.415,00
Agropecuario	Geotermia	0	0	8,98	32,10	132,39
	Biodisel	0	43,38	212,10	491,83	2.582,89
Total		0	425,11	3334,89	8838,89	43.178,95

Considerando el total acumulado, la mayor contribución a la reducción de emisión de CO2 equivalente la realiza:

- Biomasa con el 56 %, contribuyendo sólo el Biodiesel con el 32 %.
- Energía eólica con el 26,5 %,
- Energía solar (térmica más eléctrica) con el 9,5 %
- Los PAH con el 4 %
- Energía Geotérmica (térmica más eléctrica) con el 4 %.

Considerando la generación de electricidad en sistemas centralizados, la contribución a la reducción de emisión de CO₂ equivalente la realiza

- Energía eólica con el 69 %,
- Biomasa con el 15 %,
- PAH con el 10 % y
- Energía geotermia con el 6 %

**Valorización de las emisiones
evitadas y
costos incrementales**

Valorización de las emisiones evitadas

Se adoptaron dos criterios para contabilizar el ahorro términos de emisiones de CO₂ no biogénico evitadas

- **Hipótesis de mínima:** referencia constante en el tiempo e igual a 10 US\$/t de CO₂.
- **Hipótesis de máxima:** el valor de la tonelada de CO₂ se incrementa anualmente según una tasa tal que mantiene constante el valor presente de la tonelada de CO₂.

Un valor inicial de 10 US\$/t CO₂ y una “tasa de descuento” igual al 10%.

El valor de la tonelada de CO₂ en el año 2015 alcanza los 42 US\$/t.

Valor de las emisiones evitadas a través de MDL

	Año			
	2000	2005	2010	2015
Emisiones CO ₂ (10 ⁶ t)	0	0,4	3,3	8,8
Emisiones acumuladas CO ₂ (10 ⁶ t)	0	1	11	43
Ahorro a valor constante (10 ⁶ US\$)	0	4	33	88
Ahorro a valor variable (10 ⁶ US\$)	0	6,4	85,6	366
Ahorro acumulado a valor constante (10 ⁶ US\$)	0	6	106	427
Ahorro acumulado a valor variable (10 ⁶ US\$)	0	9	240	1404

Costo Incremental

Generación de Electricidad en Servicio Público.

- Se calcularon los costos incrementales de las emisiones evitadas para el caso de Generación de Electricidad en Servicio Público.
- Se ha tomado sólo este caso por ser donde se puede obtener información con cierto grado de certeza y confianza en lo referente a las centrales convencionales que se reemplazan, así como los costos de operación y mantenimiento.
- Los cálculos se realizan a precios de mercado, excluyéndose algunos costos sociales.

- Para el cálculo se siguió la metodología mencionada en “Economics of Greenhouse Gas Limitations – Methodological Guidelines”, K Halsnaes, J.M. Callaway, H.J. Meyer, Risø National Laboratory, Denmark, 1998.
- Se tomó el costo de la capacidad convencional desplazada, el ahorro en O&M de dichas centrales (principalmente combustible), restándole el costo de la generación renovable que la desplaza, calculado año por año dentro del período 2000-2015.
- Luego se descontó este costo diferencial al año 2005.

- El valor de cada tonelada de CO₂ evitado se obtiene haciendo el cociente del VPN de los costos diferenciales y el VPN de las emisiones evitadas.
- Cabe aclarar que se han computado los costos de la capacidad convencional evitada en los primeros años del período considerado.

El costo incremental de la tonelada evitada para diferentes tasas es:

- Tasas del 8 %, 11,6 US\$/t
- Tasa del 10 %, 11 US\$/t
- Tasa del 12 % , 10,4 US\$/t

Lo que muestra que no hay una gran sensibilidad.

Costo Incremental

VPN costo energías renovables (Inversión y O&M)	1.046 MUS\$.
VPN costos sistemas convencionales (Inversión y O&M)	964 MUS\$.
Incremento de las inversiones para lograr el ahorro de CO ₂ equivalente	82 MUS\$ 7,8 % inversión en renovables
Valor de las emisiones evitadas a través de MDL, acumulado a valor constante, en el sector Generación de Electricidad en Servicio Público	74 MUS\$,

Conclusiones y Recomendaciones

Se dispone de una cartera de proyectos de aplicación de las FNRE con criterio realista que pueden ser concretados en los próximos 10 años, con identificación de las tecnologías, sus costos y los lugares de posible instalación, así como los interesados en participar de los mismos.

Prioridad en el desarrollo de las FNRE desde el punto de vista del CO2 equivalente evitado

- La biomasa (56 %),
en particular el biodisel (32 %).
- La energía eólica (26,5 %)
- Estas dos fuentes contribuyen con el 82 % a la reducción de CO2 equivalente.
- Sigue el aprovechamiento de la energía solar, tomada en conjunto la conversión térmica y la fotovoltaica (9,5 %)
- Finalmente las energías de Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos y Geotérmica, tienen un peso equivalente (4 %)

MUCHAS GRACIAS