

PERFIL ESTRATEGICO REGIONAL PARA AMERICA  
LATINA Y EL CARIBE (PER) 2007-2013

# Energía e Industria en América Latina y el Caribe a la luz del PER



**ARCAL**



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

## PUBLICACIONES RELATIVAS AL PER

A fin de facilitar la consulta del material resultante del proceso de elaboración del Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe (PER), su publicación ha sido hecha en forma de fascículos que contienen los siguientes aspectos:

Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe (PER) 2007-2013

Antecedentes, metodología y proceso de elaboración del PER para América Latina y el Caribe

Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe a la luz del PER

Salud Humana en América Latina y el Caribe a la luz del PER

Medio Ambiente en América Latina y el Caribe a la luz del PER

### **Energía e Industria en América Latina y el Caribe a la luz del PER**

Seguridad Radiológica en América Latina y el Caribe a la luz del PER



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica



**ARCAL**

Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la  
Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe

Agosto 2008

Publicado por:

International Atomic Energy Agency

Department of Technical Cooperation

Division for Latin America

P.O.Box 100, Wagramer Strasse 5

1400 Vienna, Austria

Telephone: (+43-1) 2600-0

Fax: (+43-1) 2600-7

E-mail: [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)

Website: <http://tc.iaea.org>

**PERFIL ESTRATEGICO REGIONAL PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (PER)  
2007-2013**

*Alianza Estratégica ARCAL-OIEA*

**ENERGIA E INDUSTRIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE A LA LUZ DEL PER**

**CONTENIDO**

<b>I.</b>	Antecedentes y desarrollo del trabajo.....	<b>1</b>
<b>II.</b>	Análisis de la situación regional.....	<b>1</b>
	1. Síntesis de la situación actual.....	<b>1</b>
	2. Preguntas que se plantean.....	<b>6</b>
	3. Análisis DAFO.....	<b>6</b>
	3.1 Tabla de Análisis Estratégico de los subsectores (Fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades).....	<b>7</b>
	3.2 Descripción DAFO por subsector.....	<b>10</b>
	3.2.1 Nucleoelectricidad.....	<b>10</b>
	3.2.2 Reactores experimentales.....	<b>12</b>
	3.2.3 Aplicaciones en la Industria.....	<b>14</b>
<b>III.</b>	Necesidades/Problemas regionales y justificación.....	<b>15</b>

**NUCLEOELECTRICIDAD**

<b>1.</b>	Necesidad de mejorar la entrega al público de información objetiva y amplia sobre la energía nuclear (E1).....	<b>15</b>
<b>2.</b>	Necesidad de ampliar y fortalecer la formación de personal calificado para la gestión de proyectos núcleo-eléctricos y manejo de plantas nucleares de potencia (E7).....	<b>16</b>
<b>3.</b>	Escasez de análisis y de escenarios de oferta y demanda, energéticas y eléctricas, a largo plazo para determinar la posible participación nuclear con vistas a la diversificación de fuentes energéticas eficientes y sustentables y al abastecimiento de zonas desprovistas (E10).....	<b>16</b>
<b>4.</b>	Conveniencia de contar en los países con políticas sobre ciclo de combustible nuclear, incluyendo minería del recurso energético hasta la disposición de desechos radiactivos (E12).....	<b>16</b>
<b>5.</b>	Falta de bases de datos y procedimientos estadísticos y de indicadores adecuados para su uso en estudios de evaluación y planificación energética (E13).....	<b>17</b>
<b>6.</b>	Necesidad de fortalecer el intercambio y transferencia de experiencia y conocimientos en el sector núcleo-eléctrico (E14).....	<b>17</b>

7. Insuficiente integración energética en la región (E16).....	17
--	----

#### **REACTORES EXPERIMENTALES**

1. Necesidad de intercambio de experiencias para incrementar la Seguridad de los reactores, su operación y mantenimiento (E2).....	18
2. Necesidad de formación de personal altamente calificado para el manejo y explotación de REPs, y de reemplazo de cuadros profesionales que se retiran (E5).....	18
3. Necesidad de modernización de reactores de la región para mejorar su seguridad y extender su vida útil (E8).....	18
4. Insuficiente extensión en el empleo de los REPs (E9).....	18

#### **APLICACIONES EN LA INDUSTRIA**

1. Necesidad de difundir los beneficios de las aplicaciones a los usuarios finales aprovechando las capacidades y experiencias existentes en la región (E3).....	19
2. Insuficiente uso de aplicaciones nucleares en la industria, afectando su competitividad (E4).....	19
3. Necesidad de fortalecer la formación de personal que soporte el desarrollo de las aplicaciones requeridas (E6).....	19
4. Limitaciones en el comercio y transporte de material radiactivo entre los países de la región (E11).....	19
5. Escaso desarrollo tecnológico propio para transferir a la industria (E1) .....	19

<b>IV.</b> Priorización de necesidades/problemas en el sector.....	20
--	----

1. Valores atribuidos a cada necesidad/problema.....	21
2. Justificación de los valores atribuidos.....	22

<b>V.</b> Bibliografía utilizada por el Grupo de Trabajo sobre Seguridad Alimentaria en la elaboración del PER.....	25
---	----

<b>VI.</b> Composición del Grupo de Trabajo.....	25
--	----

# **PERFIL ESTRATEGICO REGIONAL PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (PER) 2007-2013**

*Alianza Estratégica ARCAL-OIEA*

## **ENERGIA E INDUSTRIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE A LA LUZ DEL PER**

### **I. ANTECEDENTES**

Para realizar el trabajo, el grupo de Energía e Industria dividió el sector en tres subsectores:

- Nucleo electricidad,
- Reactores experimentales
- Aplicaciones en industria

Se consideraron las respuestas recabadas por la encuesta que se aplicó antes de la reunión de marzo de 2007.

Se identificaron como fortalezas, a aquellos elementos y factores con los que se cuenta en cada uno de los subsectores, que constituyen parte de una plataforma para emprender nuevas iniciativas de crecimiento y progreso; como debilidades, se ubicaron esencialmente aspectos relacionados con carencias cualitativas y cuantitativas de las cuales adolecen actualmente cada uno de los subsectores; como oportunidades, aquellas condiciones existentes o previsibles que son aprovechables ya sea por que armonizan con las perspectivas de crecimiento y progreso o por que son detonadores de ellas mismas; y como amenazas, las condiciones que pueden oponerse o frenar dichas perspectivas de crecimiento y progreso.

### **II. ANÁLISIS DE LA SITUACIONAL REGIONAL**

#### **1. Síntesis de la situación actual**

La región de Latinoamérica y el Caribe está compuesta por 45 países [1], en un territorio que abarca 20.4 millones de kilómetros cuadrados. La población de poco más de 550 millones de habitantes hacia el año 2005, crece a un ritmo anual de 1.3%. El Producto Interno Bruto de la región es de alrededor de 2456 miles de millones de USD [2]. El ingreso *per cápita* anual (2005) es de 4008 USD. La esperanza de vida al nacer es de 72 años. La matrícula para educación primaria alcanza el 94.7%.

El consumo de energía primaria se duplicó en el curso de 25 años, entre 1980 y 2005, llegando a poco más de 30 EJ [3]. La generación de electricidad creció en el mismo lapso a un ritmo similar, alcanzando los 1,184 TWh en 2005 lo que representa el 6.5% de la producción mundial. La electricidad en la región se produce principalmente mediante estaciones hidroeléctricas (58.37%). La quema de combustibles fósiles ocupa el segundo lugar con una contribución de 38.31%. La energía nuclear ocupa el tercer lugar con el 2.42% y las renovables apenas el 0.9% [1].

Los principales productores de petróleo son México y Venezuela. La producción en la región pasó de 5.8 a 12.7 millones de barriles diarios en el lapso de 1980 a 2005 [4]. El pico de las reservas probadas se alcanzó en apariencia en el año de 1997, contabilizándose 141 mil millones de barriles. Hacia 2005 se estimaron 117 mil millones, es decir un nivel similar al que se estimaba en 1985.

En materia de gas natural, México, Argentina, Venezuela y Trinidad y Tobago, han sido tradicionalmente los principales productores de gas en la región. La producción creció en 25 años en un 279%. Las reservas probadas aparentemente comenzaron su declinación alrededor de 1995. El dato más reciente (2005) estima las reservas en  $7.43 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , después de haber alcanzado un pico de  $7.88 \times 10^{12} \text{ m}^3$  en el año 1995. El aumento nacional más significativo en materia de reservas probadas de gas natural en el lapso de 1995 a 2005 ha sido el de Bolivia, que prácticamente creció en 6 veces pasando de  $0.13 \times 10^{12} \text{ m}^3$  a  $0.74 \times 10^{12} \text{ m}^3$  (Fig. 1) [4].

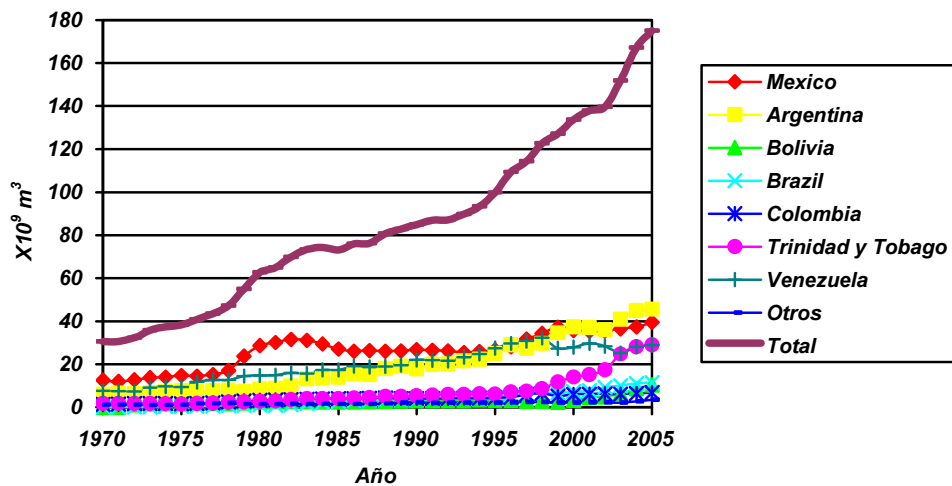


Figura 1.- Producción de gas natural en la región

En cuanto a emisiones de  $\text{CO}_2$  relacionadas con el consumo total de energía, si bien en el lapso de 1994 a 2004 se aumentó en un 25% el volumen de emisiones, pasando de 1140 a 1427, millones de toneladas de  $\text{CO}_2$  (MT) las cifras todavía pueden considerarse discretas, ya que en Europa son 3.26 veces mayores, llegando en 2004 a 4635  $\text{MtCO}_2$  en ese continente (Fig. 2) [3].

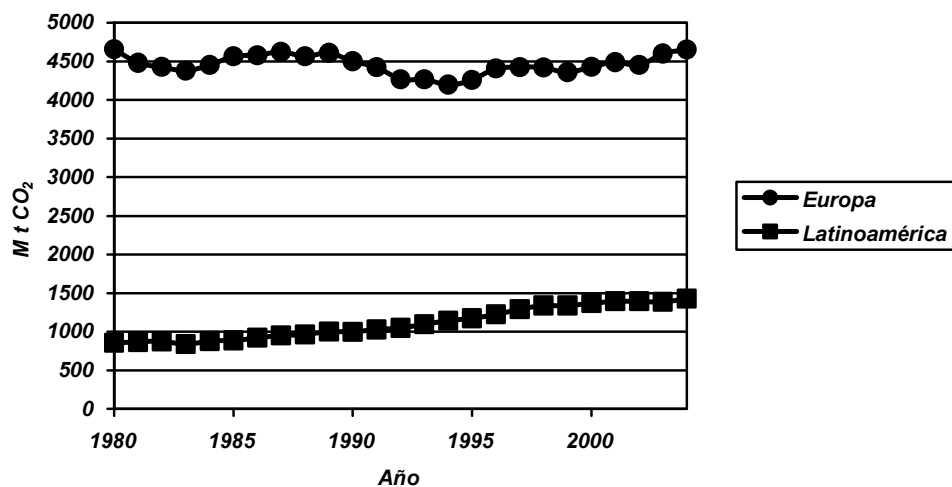


Figura 2.- Emisiones de  $\text{CO}_2$  en la región, comparadas con Europa

Ya sea en términos de ingreso *per cápita*, o en términos de bienestar humano, la energía y en particular la electricidad constituyen una plataforma sin cuyo concurso el progreso de una sociedad se dificulta significativamente. La correlación entre ingreso *per cápita* y consumo *per cápita* de electricidad en la región, revelan si se le compara con un país típico de la Comunidad Europea (p. ej. España), que aún queda mucho por avanzar en términos de satisfacción del bienestar de nuestras sociedades. El promedio en la región se encontraba en el año 2003, en USD 3300 y 1500 kWh anuales, respectivamente, en tanto que en España los correspondientes ingreso y consumo estaban en USD 18000 y 6000 kWh, es decir, con un factor de 4 veces superior a los de la región (Fig. 3) [2].

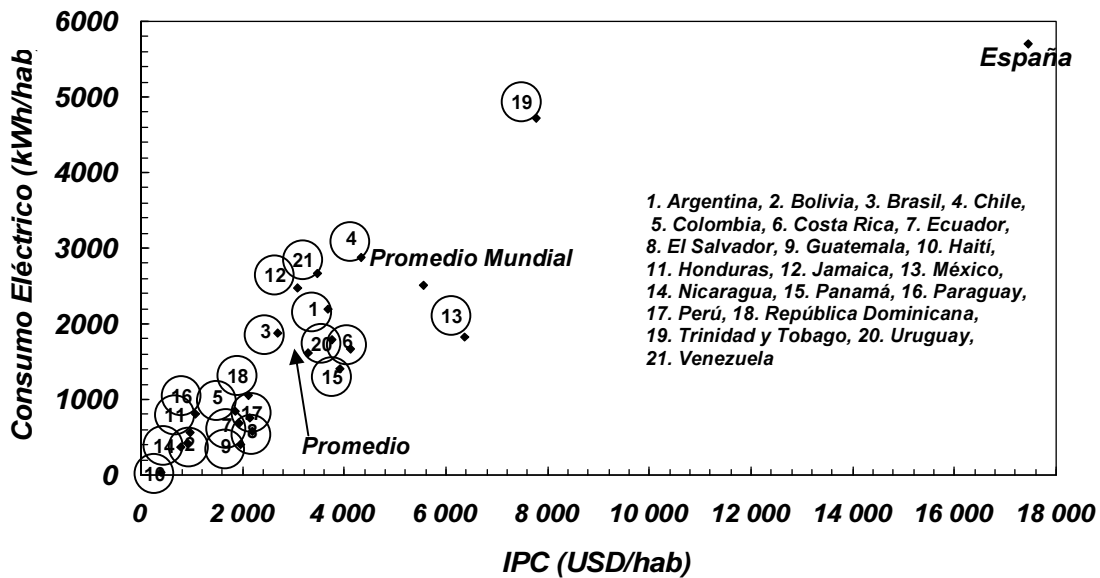


Figura 3.- Consumo de electricidad contra ingreso en una base per cápita (2003)

Un análisis realizado con el Índice de Desarrollo Humano, revela una situación similar. Dicho índice es utilizado por el sistema de las Naciones Unidas para medir el bienestar de las personas en los diferentes países del mundo y está compuesto por factores fundamentales de la calidad de vida como son la salud, esperanza de vida, educación e ingreso [6]. Es decir, a un mayor consumo de energía eléctrica por persona, eventualmente se corresponden mejores niveles y calidad de vida, en una ecuación en la que las aseveraciones contrarias también pueden considerarse como ciertas.

Se pronostica que la población en la región ascenderá en el año 2030 a unos 720 millones de habitantes. Los escenarios de crecimiento indican que de prácticamente tener el mismo número de habitantes en el año 2000, que los países europeos con membresía dentro de la OECD, hacia el año 2030, Latinoamérica los superará en un 28%, lo cual impone un enorme reto para el establecimiento de las condiciones necesarias para satisfacer las demandas de bienestar de semejante volumen poblacional (Figura 4).

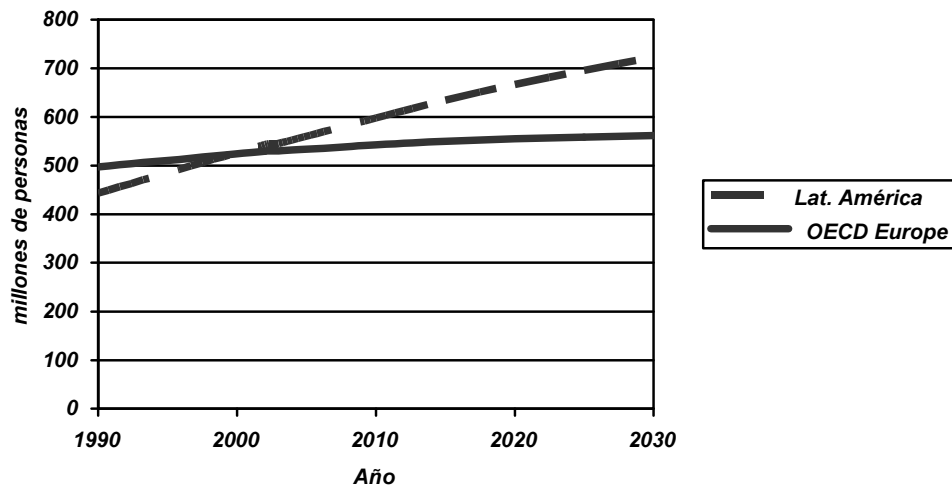


Figura 4.- Escenario de crecimiento poblacional

La Administración de Información en Energía (EIA) del departamento de Energía de los EEUU plantea un escenario de crecimiento económico en América Latina de referencia (al 3.8% anual sostenido), más sendos escenarios de crecimiento bajo y alto (2.8% y 4.7%, respectivamente). Para el caso de referencia, el crecimiento del producto interno bruto llegaría en el 2030 a 11196 miles de millones de USD, y a 9079 y 13891 miles de millones de dólares en los casos bajo y alto respectivamente para el mismo año (ver Fig. 5).

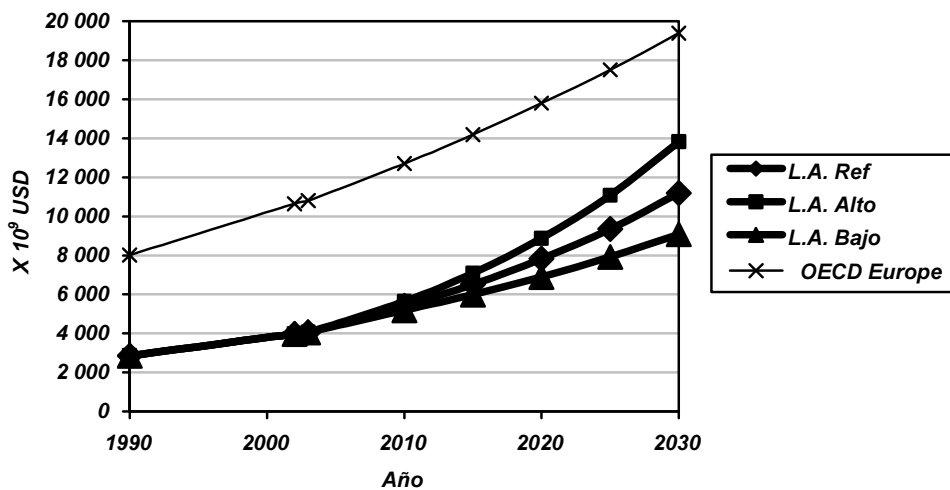


Figura 5.- Escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto de la Región, comparados con los de OECD Europa

El correspondiente consumo de energía total primaria ascendería en el 2030 a 52.1 EJ (bajo), 62.1 EJ (referencia) y 72.1 EJ (alto). En consonancia, el consumo de electricidad crecería a 2108 TWh (bajo), 2621 TWh (referencia) y 3313 TWh (alto), lo cual significa duplicar o más el nivel actual. En este tenor, en lo que se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub>, los escenarios prevén cifras de 2294 MtCO<sub>2</sub> (bajo), 2680



MtCO<sub>2</sub> (referencia) y 3208 MtCO<sub>2</sub> (alto). El OIEA estima que la capacidad instalada pasará en el 2030, de los 276 GWe actuales, a los 485 GWe en un escenario de crecimiento bajo y los 802 GWe en uno de crecimiento alto, lo cual corrobora la necesidad de aumentar la capacidad actual entre un 75% y un 190% en 25 años.

La generación de electricidad por medios nucleares tiene una experiencia de 22 años en la región Latinoamericana. La capacidad nuclear instalada asciende hoy a 4171 MWe, distribuidos entre seis unidades en 3 países. En la Argentina la participación nuclear representa la contribución nacional más alta con un 6.9% en la generación eléctrica. En México la nuclear participa con un 5% y en Brasil con un 3.3%. Argentina continúa además con la construcción de su tercer reactor, Atucha 2, con el cual se añadirían otros 692 MWe. Casi 26 TWh fueron generados durante el 2005, lo que significa más del 2% de la electricidad total de la región.

En cuanto al ciclo de combustible nuclear, Brasil figura entre los países importantes en lo que se refiere a reservas internacionales de Uranio. Este país reportó en el 2005 un total de 278700 toneladas de Uranio ocupando así el 7º lugar a nivel internacional en este renglón [5]. Por otro lado, ha sido tradicional en la región, que Brasil y Argentina han mantenido programas de investigación y desarrollo nuclear de muy alto nivel en cuanto a recursos dedicados y desarrollo, lo que les ha permitido entre otros logros, implementar instalaciones del ciclo de combustible nuclear. Argentina tiene una instalación de conversión a UF<sub>6</sub> y una de fabricación de agua pesada, en tanto que Brasil tiene una instalación de fabricación de elementos combustibles para reactores de agua ligera y una planta de enriquecimiento de uranio. México logró también a mediados de los 1990s la construcción de una planta piloto de fabricación de combustible, la cual tuvo éxito precisamente en la modalidad de tecnología piloto.

La reactivación de la energía nuclear en el mundo ha ido adquiriendo una gran relevancia en los últimos años en varios países.

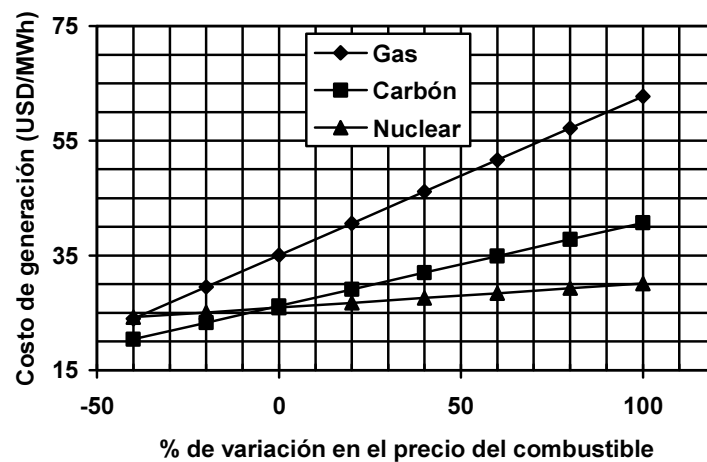


Figura 6.- Sensibilidad del costo de generación a variaciones en los precios del combustible para diferentes fuentes

A lo cual hay que agregar que el precio de la energía generada es poco sensible a variaciones en los precios relacionados con el combustible, de manera que aún en escenarios de alta volatilidad los precios de la electricidad se mantendrían dentro de márgenes razonables, característica muy diferente en este sentido a lo que ocurre con los combustibles fósiles (Fig. 6).

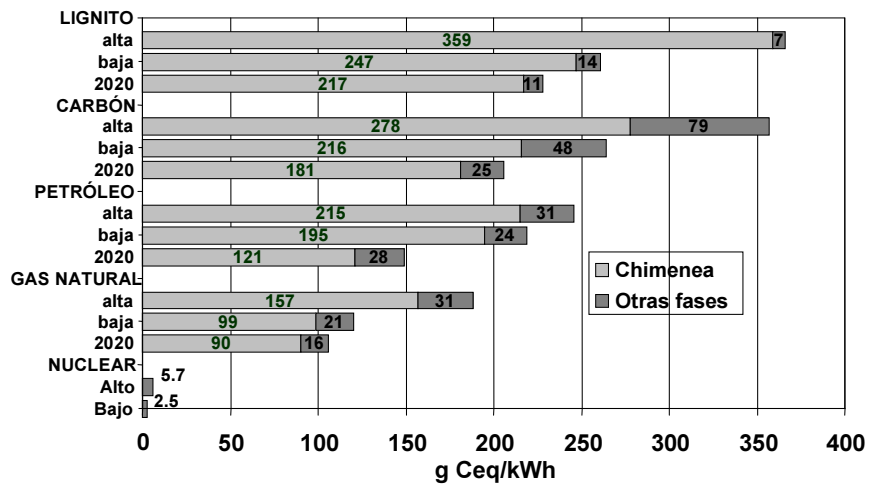


Figura 7.- Emisiones de Gases de Invernadero. Combustibles Fósiles vs. Nuclear

Además, durante la operación de las centrales nucleares no se emiten gases de efecto invernadero al ambiente, y en fases anteriores y posteriores a la generación, las emisiones presentan valores sumamente competitivos si se les compara con las de las llamadas energías renovables, pero además con factores de capacidad muy altos (i.e. sin intermitencias en el suministro), lo que hace a la generación nucleoelectrónica muy atractiva para un suministro de carga base (Fig. 7).

## 2. Preguntas que se plantean

- ¿La problemática energética de Latinoamérica y el Caribe debe plantearse a nivel regional, subregional o por países? (i.e. ¿cada país debe conformar su propio portafolio de recursos energéticos de manera independiente, o es posible organizar redes regionales o subregionales de países que analicen y resuelvan de manera conjunta aspectos de seguridad energética?)
- ¿El portafolio de recursos existente podrá permanecer, ya sea por país o por región, vigente para atender la demanda de electricidad futura, o será necesario plantear modificaciones?
- ¿El aspecto ambiental puede significar un punto importante en la atención de los problemas energéticos de la región?
- ¿De qué manera puede incidir la participación de la energía nuclear en cualquiera de las modalidades arriba mencionadas?
- Independientemente de los aspectos de las preguntas anteriores, ¿es posible conformar redes de expertos en la región de Latinoamérica y el Caribe, en materia de planeación y seguridad energética, y generación nucleoelectrónica, que estén a la orden de la comunidad regional para contribuir a la conformación de soluciones en el tema energético de la propia región?

**Observación.-** Desde la perspectiva de seguridad física de las instalaciones nucleares, la NSNI, división encargada de esta temática en el OIEA, hace constar la necesidad de contar, en un futuro, con programas en esta área. Dicha inquietud se fundamenta en que existen ya, a la fecha, en varios países de la región plantas de energía nuclear y reactores nucleares de investigación.

## 3. Análisis DAFO

La Tabla 1 contiene el análisis estratégico del perfil de la región en la forma de un listado resumido de las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades identificadas para cada uno de los subsectores. Posteriormente, se hace una descripción detallada de dicho análisis por subsector

3.1 Tabla de análisis estratégico de los subsectores

	NUCLEOELECTRICIDAD	REACTORES EXPERIMENTALES	APLICACIONES EN INDUSTRIA
<p><b>FORTALEZAS</b></p>	<p>1. La existencia de recursos energéticos variados en la Región y en cantidad considerables: petróleo, hidráulicos, gas natural, geotérmicos, uraníferos, bio-combustibles y otros renovables</p> <p>2. La existencia de capacidades tecnológicas y profesionales en ciertas tecnologías de reactores nucleares y en el ciclo del combustible nuclear</p> <p>3. Experiencia operacional en ciertos tipos de centrales nucleares que puede ser compartida</p> <p>4. Existencia de centros de formación de especialistas en el área nuclear</p> <p>4. Desarrollo avanzados en tecnologías energética en particular en reactores nucleares innovadores y en ciclo del combustible (CAREM, fabricación de combustible nuclear)</p> <p>5. La Región de América Latina y el Caribe es zona libre de armas nucleares</p>	<p>1-Consenso a nivel de instituciones nucleares de acciones de colaboración conjuntas</p> <p>2-Existen 13 reactores operativos en 7 países en la región en condiciones seguras, con la capacidad de producir radioisótopos (RI) y radiofármacos (RF), y de extender a otras aplicaciones (ej. BNCT)</p> <p>3-Alta capacidad de diseño, construcción, operación y mantenimiento de reactores y de combustible</p> <p>4-Amplio intervalo de potencia y empleo de los Reactores Experimentales y de Producción (REP), desde instalaciones críticas hasta por sobre 10 MW</p> <p>5-Existe en la Región, la capacidad humana en la conducción de proyectos nucleares complejos</p> <p>6-La ventaja de contar con experiencia y capacidades (especialmente en contar con Recursos Humanos altamente calificados) para el apoyo integrado mutuo</p>	<p>1-Posesión en todos los países de alguna de las aplicaciones nucleares en la industria</p> <p>2-Experiencia en el licenciamiento, importación y uso de materiales radiactivos</p> <p>3-Posesión en varios países de la región de irradiadores gamma industriales (Argentina, Brasil, Colombia, El Salvador, México y Perú), y desarrollo de tecnología propia</p> <p>4-Existencia de especialistas en áreas de aplicaciones nucleares en la industria: irradiación gamma industrial, aceleradores, uso de medidores nucleónicos de control, PGNAA, para estudios de desgaste, medidores multifásicos, TAC.</p> <p>5-Experiencia en el uso de trazadores radiactivos para el diagnóstico de procesos industriales</p> <p>6-Existencia de intercambio de experiencias entre especialistas de la región en áreas de aplicaciones</p>

<p>DEBILIDADES</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escasez de empresas que apuesten por la innovación tecnológica</li> <li>2. Disparidad en los índices de desarrollo energético, social y económicos entre los países de la región que dificultan las posibilidades de integración</li> <li>3. Falta de sensibilidad política para apoyar al desarrollo de las tecnologías nucleares energéticas</li> <li>4. Amplia extensión territorial que dificulta los procesos de integración</li> <li>5. Débiles estructuras de base de datos estadísticos y de herramientas analíticas para planificación energética</li> <li>6. Existencia de poblaciones en áreas remotas sin acceso a servicios de energía eléctrica</li> <li>7. Insuficiente infraestructura tecnológica y reguladora regional para gestión de los desechos radiactivos</li> <li>8. Insuficientes acciones de información al público sobre usos, beneficios y riesgos de la energía nuclear para lograr favorable percepción</li> <li>9. Limitaciones financieras en algunos países para altas inversiones</li> </ol>	<p>1- Presupuestos insuficientes para la gestión, cooperación mantenimiento de los reactores experimentales</p> <p>2- Reactores con años de vida que necesitan modernización y renovación en sistemas</p> <p>3- Falta de conocimiento a nivel social y en muchos casos de usuarios potenciales sobre los usos de los reactores experimentales.</p> <p>4- Falta de recursos humanos en general, y desbalance de recursos humanos entre operación y mantenimiento en particular</p> <p>5- Debilidad de las autoridades reguladoras en algunos países en temas de normativa</p> <p>6- Escasa utilización de los reactores experimentales por parte de usuarios (falta de conocimiento sobre los usos de los reactores experimentales por parte de científicos )</p>	<p>1- Insuficiente formación de recursos en el área de las aplicaciones industriales</p> <p>2- Insuficiente divulgación de los beneficios de las aplicaciones, desinterés o desconocimiento por las empresas</p>
--------------------	---	--	--

<p><b>OPORTUNIDADES</b></p>	<p>1. La creciente demanda de electricidad, reflejada en la activación de programas núcleo-eléctricos varios países (Argentina, Brasil México, Chile)</p> <p>2. Existencia de instancias y organizaciones de cooperación internacional para la región: OIEA, OLADE, CIEMAT, CEPAL, CIER, etc.</p> <p>3. El incremento en precios de combustibles fósiles y sus altas emisiones de CO2 favorece la opción nuclear</p> <p>5. La reactivación de programas nucleares (Argentina, Brasil) abre posibilidades de formación y desarrollo de recursos humanos en el área nuclear</p>	<p>1-Existencia en la región, de un mercado de RI y RF que pueden ser provistos por los reactores experimentales de la región. Autosuficiencia en la provisión de RI para toda la región</p> <p>2-Posibilidad de uso de los REP por los países que no cuentan con ellos</p> <p>3-Posibilidad de acceso a financiamiento externo por servicios complementario al aporte estatal</p> <p>4-Disponer de organismos internacionales (OIEA, ARCAL), para fortalecer las capacidades analíticas en materias energéticas, ambiental, etc.</p> <p>5-Se cuenta con apoyo internacional para acuerdos regionales (ARCAL-OIEA) sobre el uso pacífico de tecnología nuclear</p>	<p>1-Crecientes áreas de demanda de las aplicaciones industriales para mejorar la competitividad de la industrias</p>
<p><b>AMENAZAS</b></p>	<p>1. La opinión pública desfavorable por una percepción negativa sobre los riesgos relacionados con la gestión de residuos y la seguridad</p> <p>2. La dificultad de resolver la disposición de los desechos en la región a largo plazo</p>	<p>1-Inseguridad en el apoyo financiero para el manejo de los reactores y de falta de competencia de las instituciones para ofrecer optimas expectativas laborales para conservar los recursos humanos altamente calificados.</p> <p>2-Reacciones de competencia de empresas comerciales internacionales proveedores de RI y RF</p> <p>3-Restricciones y resistencia para el transporte de material radiactivo internacional</p>	<p>1. El temor del publico a consumir productos irradiados</p> <p>2. La expansión de la amenaza potencial terrorista para el uso de fuentes radiactivas</p>

## 3.2 Descripción DAFO por subsector

### 3.2.1 Nucleoelectricidad

#### Fortalezas

- **La existencia de recursos energéticos variados en la Región y en cantidad considerables: petróleo, hidráulicos, gas natural, geotérmicos, uraníferos, bio-combustibles y otros renovables**

La existencia de un vasto volumen de recursos energéticos y además de naturaleza muy variada constituye una plataforma idónea para plantear la expansión del uso de recursos nucleares en el clima de una planeación estratégica que conlleve a garantizar una seguridad energética para la región, mediante la diversificación de la canasta de recursos energéticos.

- **La existencia de capacidades tecnológicas y profesionales en ciertas tecnologías de reactores nucleares y en el ciclo del combustible nuclear**

En la región se cuenta con instituciones de formación y empresas que desarrollan tecnologías nucleares tanto para reactores de potencia como para reactores experimentales. Tecnologías y personal capacitado también se han desarrollado para el ciclo del combustible nuclear. La capacidad existente en Argentina, México y Brasil se puede compartir con otros países de la región que están considerando comenzar programas nucleares.

- **Experiencia operacional en ciertos tipos de centrales nucleares que puede ser compartida.**

La experiencia continuada en Argentina, Brasil y México en centrales nucleares de tipo PHWR, PWR, BWR Y CANDU ha inducido una experiencia bastante amplia la cual puede ser compartida con otros países de la región interesados en comenzar programas de generación núcleo eléctrica.

- **Desarrollo avanzado de tecnologías energéticas en particular reactores nucleares innovadores y en ciclo de combustible.**

Países como Brasil y Argentina han desarrollado reactores y tecnologías innovadoras en el ciclo de combustible. Por ejemplo, en Brasil se ha desarrollado un sistema de enriquecimiento de uranio y también la fabricación de nuevos tipos de combustibles como biocombustibles y etanol a partir de caña de azúcar para el transporte. En las nuevas instalaciones de CAREM en Argentina se fabrica combustibles nucleares. Brasil ha demostrado la capacidad de desarrollar nuevas técnicas para la exploración de hidrocarburos en zonas muy profundas de mar adentro. En Argentina existen plantas de concentración de agua pesada.

- **La región de América Latina y el Caribe es zona libre armas nucleares**

América Latina se convirtió en la primera región del mundo declarada como zona libre de armas nucleares en 1967. Por lo tanto, la región ofrece un buen marco para el desarrollo de la industria nuclear pacífica.

## Debilidades

- **Escasez de empresas que apuesten por la innovación tecnológica**

En forma general se puede decir que no se ha logrado asentar una tradición de innovación tecnológica entre las empresas de la región debido a que difícilmente están acostumbradas a asumir los riesgos de dicho tipo de inversiones

- **Disparidad en los índices de desarrollo energético, sociales y económico entre los países de la región.**

Uno de los problemas más importantes para la integración de América Latina es la gran disparidad de los índices de desarrollo social, económicos y energéticos. Algunos países de la región necesitan condiciones especiales para ser integrados.

- **Falta de sensibilidad política para apoyar al desarrollo de las tecnologías nucleares energéticas.**

Esta es una debilidad que no es privativa solamente de los países de la región, sino que inclusive se da en otras regiones del mundo. Frecuentemente las discusiones sobre la viabilidad del uso de los recursos nucleares para la generación eléctrica son contaminadas por argumentos de índole política. Por ejemplo, dentro de las reglas de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) existe la prohibición expresa de utilizarlos en plantas nucleares.

- **Amplia extensión territorial que dificulta los procesos de integración**

La región latinoamericana y del caribe tiene una extensión física sumamente grande, lo cual de entrada puede encarecer los aspectos de integración

- **Débiles estructuras de base de datos estadísticos y de herramientas analíticas para planificación energética**

No existe en la región una actitud generalizada hacia la compilación y conservación de estadísticas que puedan utilizarse como datos en los ejercicios de planeación energética.

- **Existencia de poblaciones en áreas remotas sin acceso a servicios de energía eléctrica**

La falta de cobertura de la red eléctrica regional puede eventualmente leerse como una debilidad previa a la de plantearse cómo se va a conformar la canasta de recursos energéticos.

- **Insuficiente infraestructura tecnológica y reguladora regional para gestión de los desechos radiactivos**

Aún hay países en la región que no cuentan con organismos reguladores autónomos, o bien que no cuentan con políticas nacionales ni entidades especializadas en la gestión de desechos radiactivos.

- **Insuficientes acciones de información al público sobre usos, beneficios y riesgos de la energía para lograr favorable percepción**

No se ha abordado de manera generalizada el establecimiento de políticas de divulgación de los beneficios de la energía nuclear ni la incorporación de los actores sociales a los procesos de toma de decisiones que podrían colaborar en el logro de percepciones favorables del público.

- **Limitaciones financieras de algunos estados para altas inversiones**

La mayor parte de los países de la región trabajan con limitaciones presupuestarios en sus programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e inversión energética.

### **3.2.2. Reactores experimentales**

En la Región de América Latina y el Caribe existen 7 países que poseen reactores nucleares experimentales de distinto tipo y potencia, según se ve en la Tabla 2. El objetivo de estos reactores esta orientado a la provisión de fuente de neutrones para investigación, experimentación, capacitación de recursos humanos y para la producción de radioisótopos.

Por más de 60 años los reactores experimentales han sido centros de innovación, productividad para la ciencia y tecnología nucleares. Los reactores han sido soporte de investigaciones multidisciplinarias que abarcan nuevos desarrollos en la producción de radioisótopos para usos médicos e industriales, investigación con haces de neutrones, medicina humana, desarrollo de materiales, prueba y calificación de componentes, validaciones códigos computacionales, etc.

Ha habido variados proyectos y actividades de cooperación entre los reactores de distintos países en ámbitos de física de reactores, producción de radioisótopos, cursos de entrenamiento, puesta en marcha de reactores, sea como proyectos regionales, proyectos bilaterales y nacionales con el apoyo del OIEA. En el ámbito de ARCAL, se han llevado a cabo también un par de proyectos.

En el plano bilateral destaca la colaboración entre Argentina y Perú para el diseño y construcción de los reactores RP 0 y RP 10.

En el campo de desarrollo y fabricación de combustible ha existido colaboración entre Argentina, Brasil y Chile.



### Reactores de Investigación de la Región

<i>País</i>	<i>Reactor</i>	<i>Tipo</i>	<i>Potencia Kw</i>	<i>Enriq. %</i>	<i>Régimen h/mes</i>	<i>Propietario</i>
<b><u>ARGENTINA</u></b>	<i>RA-0</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.001</b>	<b>19.8</b>	<b>16</b>	<i>Universidad de Córdoba</i>
	<i>RA-1</i>	<i>Piscina</i>	<b>40</b>	<b>19.8</b>	<i>N/D</i>	<i>CNEA, Buenos Aires</i>
	<i>RA-3</i>	<i>Piscina</i>	<b>10000</b>	<b>19.7</b>	<b>266</b>	<i>CNEA, Ezeiza - Buenos Aires</i>
	<i>RA-4</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.001</b>	<b>19.8</b>	<b>16</b>	<i>Universidad de Rosario</i>
	<i>RA-6</i>	<i>Piscina</i>	<b>500</b>	<b>93</b>	<b>180</b>	<i>CNEA, S. Carlos de Bariloche</i>
	<i>RA-8</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.01-0.1</b>	<b>1.8--4.3</b>	<b>0</b>	<i>CNEA, Pilcaniyeu, Río Negro</i>
<b><u>BRASIL</u></b>	<i>ARGONAUT</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.5 - 5</b>	<b>19.9</b>	<i>N/D</i>	<i>IEN-CNEN, Rio de Janeiro</i>
	<i>IEA-R1</i>	<i>Piscina</i>	<b>2000-5000</b>	<b>19.9</b>	<b>256</b>	<i>IPEN-CNEN, Sao Paulo</i>
	<i>MB-01</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.1</b>	<b>4.3</b>	<i>N/D</i>	<i>IPEN-CNEN, Sao Paulo</i>
	<i>IPR-R1</i>	<i>Piscina</i>	<b>250</b>	<i>Triga</i> <b>19.9</b>	<i>N/D</i>	<i>CDTN-CNEN, Belo Horizonte</i>
<b><u>CHILE</u></b>	<i>RECH-1</i>	<i>Piscina</i>	<b>5000</b>	<b>19.75</b>	<b>96</b>	<i>CCHEN-La Reina-Santiago</i>
	<i>RECH-2</i>	<i>Piscina</i>	<b>10000-15000</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<i>CCHEN-Lo Aguirre-Santiago</i>
<b><u>COLOMBIA</u></b>	<i>IAN-R1</i>	<i>Piscina</i>	<b>100</b>	<i>Triga</i> <b>19.9</b>	<b>0</b>	<i>INGEOMINAS, Bogota</i>
<b><u>JAMAICA</u></b>	<i>SLOWPOKE</i>	<i>Piscina</i>	<b>20</b>		<i>N/D</i>	<i>ICENS, Kingston</i>
<b><u>MEXICO</u></b>	<i>TRIGA</i>	<i>Piscina</i>	<b>1000-2000</b>	<i>Triga</i> <b>20-70</b>	<b>55</b>	<i>ININ, México DF</i>
<b><u>PERU</u></b>	<i>RP 0</i>	<i>Piscina</i>	<b>0.001</b>	<b>19.75</b>	<b>96</b>	<i>IPEN-Sede, Lima</i>
	<i>RP 10</i>	<i>Piscina</i>	<b>10000</b>	<b>19.75</b>	<b>30</b>	<i>IPEN-Huarangal, Lima</i>

En el campo del diseño y construcción de reactores experimentales y de producción, en Argentina se han diseñado y construido varios reactores (RA-3, RA-6 y RA-8), así como también se han exportado reactores a Perú (RP-10, 10 MW, 1988), Argelia, (NUR, 1MW, 1989), Egipto (ETR-2, 22MW, 1997), Australia (OPAL, 20 MW, 2006).

Los reactores de la Región están siendo parte de la conversión del combustible a bajo enriquecimiento, en que varios de ellos también han sido objeto de aumentos de potencia y/o modernización de su instrumentación y control.

En el marco del OIEA se han realizado variadas reuniones tendientes a promover, estrechar y ampliar la cooperación regional en utilización, seguridad y combustible de reactores, desde 2001 a la fecha.

Los Reactores Experimentales y de Producción (REP) son más simples que los reactores de producción de energía eléctrica, y operan a menores presiones y temperaturas. Están constituidos por un núcleo formado

por elementos combustibles con uranio enriquecido (U235) hasta el 20%, aunque existen algunos que aun usan uranio enriquecido al 90%

La gama de aplicaciones para los cuales pueden ser utilizados estos reactores depende del nivel de potencia o flujo neutrónico. En líneas generales se puede categorizar como reactores de baja potencia a los menores de 250 KW, y de alta potencia a los mayores de 2MW

Desarrollo de recursos humanos, que incluye actividades como divulgación, educación, capacitación y entrenamiento, dichas actividades pueden ser desempeñadas por cualquier reactor de la región.

En el campo de Operación, mantenimiento y radio protección de los REP, se puede lograr una mutua cooperación regional, para mejorar las prácticas habituales, y dar una asistencia mutua en estas tareas.

En lo que concierne a documentación y QA, dado que existen nuevas versiones de las guías de la Colección de Seguridad del OIEA, y que a su vez son adoptadas por las respectivas Autoridades Reguladoras de los Estados Miembros, resulta conveniente una cooperación conjunta, para implementar en los REPs, las modificaciones incorporadas en dichas guías, en lo que se refiere a documentación y gestión de calidad.

En el campo de Instrumentación y Control, dado que la mayoría de la instrumentación de los REPs es obsoleta, falta de componentes en el mercado, que no son disponibles a la compra, se propone el desarrollo y la fabricación de las partes, empleando mano de obra de distintos países, basada en la experiencia de los proyectos de ARCAL, donde Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú han integrado, formando un sólido grupo de Instrumentación y Control.

En lo que se refiere a combustibles, se diseñan y fabrican combustibles nucleares dentro de la región.

Calculo Neutrónico: Dentro de la región, existe la capacidad asociada a herramientas de cálculo, y técnicas experimentales, dentro del marco de optimización del diseño y el uso de los reactores experimentales, en problemas tales como:

- Manejo de Nucleo
- Diseño y caracterización de dispositivos de irradiación y configuraciones experimentales,
- Blindajes
- Dosimetría
- Configuración de haces de irradiación
- Diseño y caracterización de facilidades de irradiación (BNCT, NR, PGNA)
- Asociación crítica de la disposición de los elementos combustibles irradiados.
- Manejo de ciclo de vida de los REPs
- Herramientas de validación de cálculos

Control de Procesos: Existe en la región la capacidad de manejo tecnológico relacionado con el diseño y desarrollo, y esta capacidad puede ser compartida.

Compatibilidad de estándares usados en operación, mantenimiento y radio protección.

### **3.2.3 Aplicaciones en la industria**

Todos los países de la región tienen algún tipo de aplicación nuclear en la industria, que puede ir desde el llenado de bebidas embotelladas hasta irradiadores o aceleradores para la esterilización de desechables médicos.

Las aplicaciones más importantes son las siguientes:

a) Ensayos no destructivos

Radiografía industrial con fuentes de radiación como Ir-192, Co-60, con rayos X o con neutrones.  
Perfilaje gamma de componentes industriales como tuberías, torres de destilación/absorción, etc.  
Tomografía para componentes industriales a base de fuentes de radiación o aceleradores de partículas  
Radiografía en aduanas, carreteras y prisiones para el control del tráfico de drogas, contrabando y armas.  
Análisis elemental por fluorescencia de rayos X, activación neutrónica o PGNAA.  
Medidores de densidad por retrodispersión de gammas en sondas de pozos petroleros.  
Medidores de humedad en la industria de la construcción con fuentes de neutrones.

b) Procesamiento con radiaciones gamma, de electrones, rayos X o iones pesados

Irradiación industrial de alimentos, desechables médicos, cosméticos y otros productos como llantas, cables y circuitos electrónicos.

c) Medidores nucleónicos de control

Control de espesores por transmisión de gammas, electrones o alfas en papel, láminas metálicas, triplay, etc.

Control de llenado de botellas, latas, tanques de almacenamiento, etc., con rayos X o gamma.

Control del contenido de minerales por PGNAA o fluorescencia de rayos X, en la industria minera y cementera.

Medidores multifásicos aceite, gas, agua y sólidos en la industria petrolera (y otras industrias).

d) Trazadores radiactivos

Interconexión en pozos petroleros o de gas.

Diagnóstico de procesos industriales por Distribución de tiempo de residencia (RTD) volúmenes muertos, cortos circuitos, malas distribuciones de flujo, etc.

Fugas en tuberías subterráneas.

Mediciones de caudales en ríos, presas, ductos, etc.

e) Otras aplicaciones

Interfases en tanques por retrodispersión de neutrones.

Estudios de desgaste por activación con protones energéticos (TLA)

### III. NECESIDADES/PROBLEMAS REGIONALES Y JUSTIFICACION

En esta sección se presenta el análisis realizado sobre las necesidades/problemas en los subsectores Nucleoelectricidad, Reactores Experimentales y Aplicaciones en la Industria.

#### SUBSECTOR NUCLEO-ELECTRICIDAD

##### **1. Necesidad de mejorar la entrega al público de información objetiva y amplia sobre la energía nuclear (E1)**

La opción nuclear como alternativa energética se desacredita acudiendo a los argumentos de falta de seguridad, emisiones incontroladas de radiaciones perniciosas o a la peligrosidad de residuos radiactivos longevos.

Se considera, por tanto, necesario realizar programas de información veraz, transparente y objetiva que consigan paulatinamente llegar al público para hacerle ver la validez de la energía nuclear para producir electricidad y que la determinación de su uso debe basarse en análisis objetivos y de oportunidad.

Hay que señalar que existen precedentes de proyectos regionales (2004/2005) sobre difusión de energía nuclear y desechos radiactivos, los que pueden expandirse.

## **2. Necesidad de ampliar y fortalecer la formación de personal calificado para la gestión de proyectos núcleo eléctricos y manejo de plantas nucleares de potencia (E7)**

Es incuestionable que la tecnología nuclear para la producción de electricidad necesita de profesionales altamente calificados. Las características especiales de estas instalaciones dejan poco margen de error a los profesionales que trabajan en ellas y es por ello que una formación amplia y sólida es requisito imprescindible en todo el personal involucrado.

Un punto importante es que en el funcionamiento de una central nuclear intervienen muchos especialistas en áreas muy diversas: operadores, mantenimiento, instrumentistas, radio protección, seguridad física, etc. Esta multiplicidad implica también un esfuerzo importante en la diversificación de la oferta formativa de los mismos.

Hoy en día los países de la región que ya hacen uso de la energía nuclear para la producción eléctrica tienen programas de formación en universidades y otros centros formativos y aun otros que no poseen plantas de potencia también cuentan en sus universidades con estudios que capacitarían a sus alumnos para trabajar en instalaciones de tal tipo. Sin embargo hay países que no ofrecen estas enseñanzas y en cualquier programa que apueste por la energía nuclear deberá contemplarse tal deficiencia.

## **3. Escasez de análisis y de escenarios de oferta y demanda, energéticas y eléctricas, a largo plazo para determinar la posible participación nuclear con vistas a la diversificación de fuentes energéticas eficientes y sustentables y al abastecimiento de zonas desprovistas (E10)**

De acuerdo con los datos entregados por organismos internacionales, la previsión de crecimiento de la demanda energética para América Latina se estima fluctúe en un intervalo del 2.8% al 5% anual. Sin embargo, existe un alto grado de incertidumbre o imprecisiones en las previsiones de demanda y oferta futuras de energía.

Por ello, es necesario contar con estudios más detallados con modelos integrales de pronósticos de demanda y oferta para lograr desarrollar escenarios nacionales, sub-regionales y regionales basados en diferentes supuestos en áreas muy variables tales como los precios de combustible, el crecimiento económico, el crecimiento demográfico y la estructura del sistema energético.

En particular, es necesario determinar el papel que pueda jugar la energía nuclear en el suministro de la energía eléctrica ya que la opción nuclear podría ser de gran valor para proporcionar el suministro eléctrico que la población demanda.

## **4. Conveniencia de contar en los países con políticas sobre ciclo de combustible nuclear, incluyendo minería del recurso energético hasta la disposición de desechos radiactivos (E12)**

Las definiciones políticas sobre etapas del ciclo de combustible forman parte necesariamente de opción núcleo-eléctrica. En particular, en la región se relevan la necesidad del conocimiento del potencial uranífero, como de las definiciones respecto de la gestión de combustible gastado y la disposición de los desechos.

Se hace hincapié que el problema surge desde el momento de considerar y analizar la posibilidad de empleo de la opción nuclear.

## **5. Falta de bases de datos y procedimientos estadísticos y de indicadores adecuados para su uso en estudios de evaluación y planificación energética (E13)**

Muchos países en la región carecen de datos estadísticos y mecanismos de evaluación, limitando la posibilidad de realizar análisis de situación de abastecimiento y planificación energético, que permitan realizar una mejor definición y entendimiento de los posibles escenarios presentes y futuros.

El fortalecimiento de la capacidad analítica incluye:

- Expandir y mejorar los programas estadísticos y bases de datos correspondientes a energía y medio ambiente
- Incorporar Indicadores Energéticos de Desarrollo Sostenible en programas estadísticos
- Desarrollar posibles escenarios de oferta y demanda energética a mediano y largo plazo
- Elaborar Perfiles Energéticos Nacionales para un Desarrollo Sostenible
- Elaborar Perfil Energético Integral para América Latina dentro de un marco de Desarrollo Sostenible

## **6. Necesidad de fortalecer el intercambio y transferencia de experiencia y conocimientos en el sector núcleo-eléctrico (E14)**

Los programas nucleares no deben ser desarrollados en forma aislada; por el contrario, el inicio debe contemplar el desarrollo de toda una infraestructura de apoyo, la cual toma tiempo en construir. Esta infraestructura incluye capacidad técnica proveniente de universidades, industrias y centros de investigación nacional o regional, decisiones a largo plazo por organizaciones gubernamentales y compañías eléctricas y acuerdos de cooperación internacional

Es deseable que la experiencia y conocimientos adquiridos por expertos en la región de América Latina y en particular en Argentina, Brasil y México sean compartidos con expertos en países que están considerando el inicio de programas de generación eléctrica usando la energía nuclear.

Esta infraestructura requiere los siguientes elementos:

- Marco legal
- Marco regulador
- Acuerdos internacionales y multinacionales
- Instalaciones
- Recursos financieros
- Recursos humanos
- Estudios de factibilidad de ubicación
- Seguridad de abastecimiento de algunos insumos
- Apoyo público

## **7. Insuficiente integración energética en la región (E16)**

Los procesos de integración energética en la región pueden constituirse en plataformas con proyección al campo núcleo-eléctrico. La lentitud que pueda darse en el proceso de integración dificulta, por lo tanto, el establecimiento de condiciones favorables.

No obstante, ARCAL como acuerdo intergubernamental debería ser un medio para favorecer en el campo nuclear, el avance en acciones de integración energética nuclear.

En lo que concierne a expandir el uso de la núcleo electricidad en al región, se hace necesario realizar análisis, como por ejemplo de posibilidades de interconexión de redes abastecidas por centrales nucleares.

## **SUBSECTOR REACTORES EXPERIMENTALES**

### **1. Necesidad de intercambio de experiencias para incrementar la seguridad de los reactores, su operación y mantenimiento (E2)**

Existe en la región escaso intercambio de información entre personal de operación y mantenimiento de los reactores experimentales. El intercambio de información permitiría incrementar las condiciones de seguridad de los reactores, a través, por ejemplo de la implantación del código de conducta de seguridad de los reactores experimentales y de la formulación de planes estratégicos de utilización.

### **2. Necesidad de formación de personal altamente calificado para el manejo y explotación de REPs, y de reemplazo de cuadros profesionales que se retiran (E5)**

Existe en los reactores experimentales de la región, personal altamente calificado, sin embargo, es necesaria una renovación de dichos recursos humanos para lograr una preservación de conocimientos para un traspaso generacional de funciones. La capacitación de recursos humanos para reactores experimentales mínima es de tres años.

### **3. Necesidad de modernización de reactores de la región para mejorar su seguridad y extender su vida útil (E8)**

La mayoría de los reactores de la región tiene mas de 30 años de antigüedad, por lo que en muchos casos, es necesaria una modernización de Instrumentación y Control, mecanismos, cambio de detectores, etc., para poder continuar con la operación eficiente y segura de los mismos.

### **4. Insuficiente extensión en el empleo de los REPs (E9)**

La necesidad de expandir el uso de los reactores experimentales fue identificada desde el año 2002 en una reunión regional de IAEA "Updating and Regional Use of Research Reactors", a partir del cual se ha trabajado a nivel regional para poder concretar ese objetivo.

En tal sentido surge la necesidad identificación de usuarios, de la promoción de sus posibilidades de empleo y de la activación de redes de cooperación en los países de la región y de difundir el uso de los reactores a los países no poseedores de REPs.

La situación de los reactores presenta condiciones de subutilización en varios casos, y se constata que:

- falta un marco estratégico nacional para el uso de esas instalaciones,
- existe una cantidad reducida de usuarios de las instalaciones,
- faltan recursos en las organizaciones operadoras para subsidiar investigaciones, servicios o tareas de producción,
- falta un plan regional para la producción y aplicación de radioisótopos que aproveche las capacidades disponibles,
- falta un plan regional para el desarrollo de capacidades compartidas en investigaciones fundamentales y aplicadas.

Existe, por lo tanto, una fuerte necesidad de realizar una acción conjunta regional para incrementar y aumentar la eficiencia en la utilización de los reactores de investigación y producción de la región, haciendo uso de la capacidad y experiencia acumulada en la misma a través de la formación de grupos de

trabajo que encaren la formulación de distintos proyectos, distribuyan las tareas y desarrollos necesarios para su concreción y coordinen las actividades internas de cada país para llevarlos a cabo o recomendar a las autoridades nacionales los pasos a seguir en cada caso.

## **SUBSECTOR APLICACIONES EN INDUSTRIA**

### **1. Necesidad de difundir los beneficios de las aplicaciones a los usuarios finales aprovechando las capacidades y experiencias existentes en la región (E3)**

En concordancia con el problema anterior, se detecta la existencia de falta de información respecto de los beneficios del uso de las técnicas nucleares y de la falta de canales de suministro de aquellas.

### **2. Insuficiente uso de aplicaciones nucleares en la industria, afectando su competitividad (E4)**

La región es una exportadora de materias primas, con poca penetración de las técnicas nucleares en la industria. El uso de estas técnicas ha demostrado en países desarrollados que pueden contribuir a mejorar la competitividad de la industria., etc.

### **3. Necesidad de fortalecer la formación de personal que soporte el desarrollo de las aplicaciones requeridas (E6)**

La falta de centros de formación de especialistas en las aplicaciones nucleares en la industria trae como resultado un déficit de profesionales para el uso de estas aplicaciones.

### **4. Limitaciones en el comercio y transporte de material radiactivo entre los países de la región (E11)**

Las condiciones para el transporte internacional de material radiactivo desfavorecen o condicionan el intercambio de fuentes radiactivas en tiempo y oportunidad requeridos. Sería conveniente adecuarlas de forma que permitan el uso de radioisótopos de vida media corta e incrementar el intercambio regional.

### **5. Escaso desarrollo tecnológico propio para transferir a la industria (E15)**

La asimilación y desarrollo de tecnología, permite una rápida y viable transferencia a la industria local, con la ventaja de tener el conocimiento propio. Para algunas aplicaciones se tienen proveedores identificados, en otras es necesario desarrollar la tecnología de acuerdo a las situaciones específicas de la aplicación o para mejorar las existentes en el mercado. Debería darse prioridad a aquellos proyectos que tengan identificados los usuarios finales y que puedan ser sustentables a largo plazo.

#### IV. PRIORIZACION DE NECESIDADES/PROBLEMAS EN EL SECTOR

Estos son los atributos que fueron considerados para la priorización conforme a la metodología escogida con dicha finalidad. Mayores informaciones sobre el particular pueden ser consultadas en el fascículo referido a dicha temática.

GRAVEDAD	Es una medida del grado de severidad de la necesidad/problema considerando los impactos negativos que genera la no atención de la misma.
TIEMPO	Está relacionado con el grado de urgencia de atender la necesidad/problema, su tendencia de agravarse y las consecuencias futuras
EXTENSIÓN	Determina el grado de impacto regional de la necesidad/problema tomándose en cuenta, por ejemplo, la cantidad de países afectados.
RELEVANCIA de/para las Técnicas Nucleares	Por una parte, mide qué tanto pueden contribuir las aplicaciones nucleares a la atención/solución de la necesidad/problema. Por otra, se considera qué tanto la solución del problema es relevante para las aplicaciones nucleares.
NIVEL DE DIFICULTAD	Mide el grado de dificultad para la implementación de la solución de la necesidad/problema identificada, el cual puede estar relacionado con: infraestructuras, recursos, tecnología, legislación, compromisos intergubernamentales, etc.



## 1. VALORES ATRIBUIDOS A CADA NECESIDAD/PROBLEMA

Las necesidades/problemas identificadas se presentan a continuación, según la prioridad atribuida por los miembros del grupo sectorial, al interior de su sector específico, el que corresponde a la columna TOTAL de la tabla.

	NECESIDAD/PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	COBERTURA	RELEVANCIA	TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL DE PRIORIDAD
E1	Necesidad de mejorar la entrega al público de información objetiva y amplia sobre la energía nuclear.	5.00	4.14	4.43	4.14	17.71	2.57	1.61	28.5
E2	Necesidad de intercambio de experiencias para incrementar la seguridad de los reactores experimentales, su operación y mantenimiento	4.43	4.43	4.00	4.14	17.00	1.71	2.42	41.1
E3	Necesidad de difundir los beneficios de las aplicaciones a los usuarios finales aprovechando las capacidades y experiencias existentes en la región	4.57	4.29	4.14	3.71	16.71	1.71	2.17	36.2
E4	Insuficiente uso de aplicaciones nucleares en la industria, afectando su competitividad	4.29	4.14	3.71	4.43	16.57	3.57	1.24	20.5
E5	Necesidad de formación de personal altamente calificado para el manejo y explotación de REPs, y de reemplazo de cuadros profesionales que se retiran	3.87	4.00	3.71	4.71	16.30	2.29	2.06	33.6
E6	Necesidad de fortalecer la formación de personal que soporte el desarrollo de las aplicaciones industriales requeridas	4.29	4.00	3.71	4.29	16.29	2.43	1.76	28.7
E7	Necesidad de ampliar y fortalecer la formación de personal calificado para la gestión de proyectos núcleo eléctricos y manejo de plantas nucleares de potencia.	4.86	3.43	3.57	4.29	16.14	2.71	1.58	25.5
E8	Necesidad de modernización de reactores experimentales de la región para mejorar su seguridad y extender su vida útil	4.00	4.00	3.57	4.43	16.00	3.14	1.41	22.5
E9	Insuficiente extensión en el empleo de los REPs	4.14	3.86	3.57	4.14	15.71	3.14	1.32	20.7
E10	Escasez de análisis y de escenarios de oferta y demanda, energéticas y eléctricas, a largo plazo para determinar la posible participación nuclear con vistas a la diversificación de fuentes energéticas eficientes y sustentables y al abastecimiento de zonas desprovistas	4.29	4.43	3.57	3.29	15.57	2.57	1.28	19.9
E11	Limitaciones en el comercio y transporte de material radiactivo entre los países de la región	3.86	3.86	4.14	3.71	15.57	4.57	0.81	12.7
E12	Conveniencia de contar en los países con políticas sobre ciclo de combustible nuclear, incluyendo minería del recurso energético hasta la gestión de desechos radiactivos	3.57	3.43	3.71	4.71	15.43	4.29	1.10	17.0

	NECESIDAD/PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	COBERTURA	RELEVANCIA	TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL DE PRIORIDAD
E13	Falta de bases de datos y procedimientos estadísticos y de indicadores adecuados para su uso en estudios de evaluación y planificación energética.	4.14	3.86	4.00	3.14	15.14	2.71	1.16	17.5
E14	Necesidad de fortalecer el intercambio y transferencia de experiencia y conocimientos en el sector núcleo-eléctrico.	4.14	3.27	3.57	4.14	15.13	2.71	1.53	23.1
E15	Escaso desarrollo tecnológico propio para transferir a la industria	3.57	3.14	3.43	4.29	14.43	4.29	1.00	14.4
E16	Insuficiente integración energética en la región	3.71	3.00	4.14	3.43	14.29	4.43	0.77	11.1

## 2. JUSTIFICACION DE LOS VALORES ATRIBUIDOS

Las necesidades/problemas están en orden de prioridad resultante de los valores atribuidos y divididos en subsectores.

NUCLEOELECTRICIDAD					
NECESIDAD	GRAVEDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	DIFICULTAD
E1) Necesidad de mejorar la entrega al público de información objetiva y amplia sobre la energía nuclear.	Alta importancia social y política.	Es urgente antes del inicio de un programa nuclear.	Todos los países potencialmente involucrados deben abordar el tema.	Alta para el desarrollo de programas nucleoeléctricos.	Media, su realización requiere de voluntad política.
E7) Necesidad de ampliar y fortalecer la formación de personal calificado para la gestión de proyectos nucleoeletrónicos y manejo de plantas nucleares de potencia.	Fundamental para viabilidad de la nucleoeletricidad.	Acorde con la velocidad de incorporación de la energía nuclear.	Se requiere en los países que incorporen la energía nuclear.	Alta para operación segura e eficiente.	Media, se puede implementar mediante acuerdos con organismos internacionales
E10) Escasez de análisis y de escenarios de oferta y demanda, energéticas y eléctricas a largo plazo para determinar la posible participación nuclear con vistas a la diversificación de fuentes energéticas eficientes y sustentables y al abastecimiento de zonas desprovistas.	El desarrollo de estos escenarios es importante como punto de partida de una planeación con altos niveles de certidumbre.	Urgente para definir escenarios y programas.	La mayoría de los países de la región.	Importante para la combinación optima de fuentes de energía incluyendo la nuclear.	Medio, puede realizarse con modelos energéticos disponibles.
E12) Conveniencia de contar en los países con políticas sobre ciclo de combustible nuclear, incluyendo minería del recurso energético hasta la disposición de desechos radiactivos.	De importancia ambiental, es un requisito indispensable para la utilización de la energía nucleoeletrónica.	Se deben dar pasos para un avance paulatino pero firme en este tema.	Todos los países deben involucrarse.	Fundamental para la opción nuclear.	Alta, se tiene rechazo del público. Fundamental para la opción nuclear.

NECESIDAD	GRAVEDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	DIFICULTAD
<b>E13)</b> Falta de bases de datos y procedimientos estadísticos y de indicadores adecuados para su uso en estudios de evaluación y planificación energética.	La integridad y calidad de los datos utilizados en los estudios de planeación tienen un alto impacto en sus resultados.	Es urgente contar con bases de datos e indicadores fidedignos para alimentar los análisis de escenarios empleados en la planificación.	La mayoría de los países de la región.	Importante para la opción nuclear.	Media, se puede implementar basados en procesos ya utilizados.
<b>E14)</b> Necesidad de fortalecer el intercambio y transferencia de experiencia y conocimientos en el sector nucleoelectrico.	Es de gran impacto. La opción nuclear mejora la seguridad y reduce costos.	Es una actividad que se puede desarrollar paulatinamente durante la incorporación a la energía nuclear.	Por países, sería conforme a su involucramiento en programas nucleoelectricos.	Está muy ligado a la operación de plantas nucleares.	Media, puede implementarse mediante acuerdos con países con experiencia.
<b>E16)</b> Insuficiente integración energética en la región.	Es deseable contar con un cierto grado de integración energética para optimizar los sistemas y mejorar el aspecto económico.	Es un paso que puede darse paulatinamente, como de hecho se ha estado haciendo.	Muchos países se verían beneficiados con la integración.	Alta relevancia para la opción nuclear.	Requiere decisiones políticas en conjunto.

REACTORES EXPERIMENTALES					
NECESIDAD	GRAVEDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	DIFICULTAD
<b>E2)</b> Necesidad de intercambio de experiencias para incrementar la seguridad de los reactores, su operación y mantenimiento.	Importante para el uso eficiente de infraestructura y reducción de costos.	La seguridad siempre es urgente.	Países con reactores experimentales.	De alto impacto en el manejo y utilización de reactores experimentales.	Baja, puede realizarse mediante acuerdos con los países que los poseen en la región.
<b>E5)</b> Necesidad de formación de personal altamente calificado para el manejo y explotación de REPs y de reemplazo de cuadros profesionales que se retiran.	La calificación del personal es condición ineludible para el éxito de la operación de los REs.	Los pasos deben darse de manera muy firme, pero consistente y prever el reemplazo de personal.	Deben involucrarse países con REs en operación y con programas en proceso de planeación.	De alto impacto en la tecnología nuclear.	Media, se puede realizar mediante acuerdos con los países de la región.
<b>E8)</b> Necesidad de modernización de reactores de la región para mejorar su seguridad y extender su vida útil.	Es un tema que debe analizarse desde una perspectiva costo-beneficio, sobre todo en el ámbito de los aspectos financieros implicados.	Diseñar un cronograma de actividades.	Sólo países con REs que han alcanzado o están por alcanzar su vida útil de diseño.	Alto impacto en la tecnología nuclear.	Media, requiere disponer de los recursos financieros necesarios.

NECESIDAD	GRAVEDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	DIFICULTAD
E9) Insuficiente extensión en el empleo de los REPs.	Los reactores experimentales crean una buena plataforma para inducir programas nucleares extensivos.	Se considera urgente llevar a cabo una promoción consistente del uso de los REs.	Todos los países que posean reactores experimentales.	Es importante para las aplicaciones a la salud, ciencia y tecnología.	Dificultad media.

APLICACIONES EN LA INDUSTRIA					
NECESIDAD	GRAVEDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	DIFICULTAD
E3) Necesidad de difundir los beneficios de las aplicaciones a los usuarios finales aprovechando las capacidades y experiencias existentes en la región.	Es imperativo para lograr la aceptación de su incorporación.	De inmediato.	Todos los países.	Al difundir los beneficios, se debe hacer hincapié en los aspectos ilustrativos involucrados de la tecnología nuclear.	Bajo, la mayor parte de los países cuentan con infraestructura.
E4) Insuficiente uso de aplicaciones nucleares en la industria afectando su competitividad.	Es muy importante la incorporación de aplicaciones nucleares que han probado su viabilidad y ventajas.	Entre más rápidamente se acceda a dicha tecnología mejores oportunidades de una incorporación exitosa.	Todos los países.	Es de suma importancia para la competitividad técnica y económica.	Alto, requiere demostrar su valor costo/beneficio
E6) Necesidad de fortalecer la formación de personal que soporte el desarrollo de las aplicaciones requeridas.	La calificación del personal es requisito indispensable para asegurar los beneficios de las técnicas.	Se deben formular programas de formación de recursos humanos.	Debe formularse en todos los países.	Es importante para competir en el mercado.	Media, se necesita el apoyo de agencias internacionales
E11) Limitaciones en el comercio y transporte de material radiactivo entre los países de la región.	No hacerlo limita la expansión y difusión de las tecnologías nucleares.	Debe hacerse a corto plazo.	Todos los países.	Muy importante para la disposición oportuna de los radioisótopos.	Alta, debido a que se requiere armonización legislativa.
E15) Escaso desarrollo tecnológico propio para transferir a la industria.	La asimilación tecnológica puede significar beneficios financieros importantes.	La asimilación tecnológica puede iniciarse tan pronto se requiera.	La asimilación tecnológica está al alcance de prácticamente todos los países donde se utilicen aplicaciones nucleares.	Totalmente ligada a la tecnología nuclear.	Alta, es importante para la competencia en el mercado

## V. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA POR EL GRUPO DE TRABAJO SOBRE ENERGIA E INDUSTRIA EN LA ELABORACION DEL PER

- ENERGY, ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER ESTIMATES FOR THE PERIOD UP TO 2030. IAEA, VIENNA, 2006. Printed by the IAEA in Austria, July 2006
- Banco Mundial. Disponible en <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/>
- International Energy Annual, Energy Information Administration USDOE. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/iea/overview.html>
- BP Statistical Review of World Energy, June 2006
- OECD/NEA and IAEA. Uranium 2005: Resources, Production and Demand, OECD, 2006.
- Organización de las Naciones Unidas 2006. Human Development Reports, 2005-2006. Disponibles en: <http://hdr.undp.org/>

## VI. COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

### Grupo 4. Energía e Industria (Nucleoelectricidad, Reactores Experimentales y Aplicaciones en la Industria)

1. Raúl Ortiz Magaña (**miembro del OCTA**) México
2. Gonzalo Torres Oviedo (**planeamiento energético**) Chile
3. Betonus Pierre (**planeamiento energético**) Haití
4. Gustavo Molina (**aplicaciones industriales**) México
5. Ana Fittipaldi (**energía nuclear**) Argentina
6. *Félix Barrio - España*
7. Javier Guarnizo/ Alain Cardoso (Oficial de gerencia de programas)

#### *Puntos focales de Áreas Técnicas del OIEA*

1. Iván Vera (NE) \*
2. Ismael Concha (NE)
3. Taghrid Atieh (NE/INIS)

\* Participó, además, en los trabajos de grupo de los talleres de preparación y priorización del PER.

### Comité Asesor del PER y Grupo Directivo del OCTA

1. Jorge Vallejo (**Presidente del OCTA**) Coordinador General – Colombia
2. Juan Antonio Casas Zamora – Director de la División para América Latina del OIEA
3. Ángel Díaz (**Vicepresidente del OCTA**) Venezuela
4. Alberto Miranda (**Secretario del OCTA**) Bolivia
5. Hadj Slimane Cherif – Director de la Oficina de Desarrollo de Programas y Evaluación de Desempeño del OIEA
6. Jane Gerardo-Abaya – Oficial de Gerencia de Programas de apoyo al DIR-TCLA
7. Francisco Rondinelli – Experto en planificación estratégica
8. Angelina Díaz – Experta con experiencia en ARCAL
9. Sergio Olmos – Experto con experiencia en ORA y GT-ORA





**ARCAL**

Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la  
Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe

<http://arc.cnea.gov.ar>