

Panorama General del Sector Eléctrico en América Latina y el Caribe

olade

Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization
Organisation Latino-américaine d'Énergie
Organização Latino-Americana de Energia

Panorama General del Sector Eléctrico en América Latina y el Caribe

OLADE, 2012

Comité Editorial:

Victorio Oxilia Dávalos, Secretario Ejecutivo
Néstor Luna, Director de Estudios y Proyectos
Gabriel Salazar, Coordinador de Electricidad

Autores:

Fabio García, Especialista, Dirección de Estudios y Proyectos
Pablo Garcés, Especialista, Dirección de Estudios y Proyectos
Raquel Atiaja, Consultora

Diseño y diagramación:

Patricio Izquierdo, Asistente de Comunicación y Relaciones Institucionales

Agradecimientos:

Daniel Orbe, Coordinación de Electricidad
Carlos Pacheco, Coordinación de Electricidad

Se permite la reproducción total o parcial de este documento a condición de que se mencione la fuente

Quito, Ecuador, agosto 2012

PRESENTACIÓN

La enorme relevancia que tiene el sector eléctrico como soporte del desarrollo económico y social de los países, la conciencia sobre el impacto ambiental que involucra su actividad y la necesidad de preservar los recursos energéticos no renovables, han orientado las políticas nacionales y de los organismos de cooperación multilateral hacia la búsqueda de las mejores alternativas para la producción, transporte, distribución y comercialización de la electricidad.

Los avances tecnológicos en esta área abren una amplia gama de posibilidades, para el manejo eficiente de los recursos y el incremento de la confiabilidad, cobertura y calidad en el suministro eléctrico.

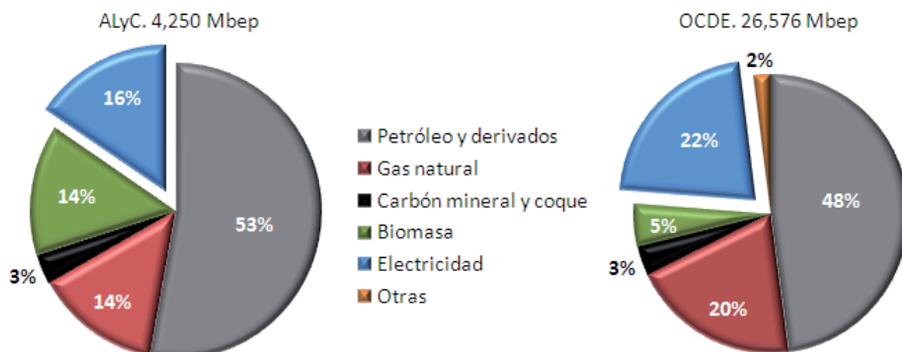
OLADE, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica, ha organizado el II Seminario Latinoamericano y del Caribe de Electricidad con el objetivo de compartir información sobre los avances tecnológicos, particularmente, en los temas de *smart grids* (redes inteligentes) y generación distribuida, con la utilización de recursos renovables, así como, las experiencias regionales de interconexión eléctrica.

Como material introductorio a los temas de este seminario, se presenta a continuación un panorama general del sector eléctrico de América Latina y el Caribe, así como notas técnicas sobre las tecnologías de generación distribuida, *smart grids* y la situación actual y perspectivas de la integración eléctrica regional.

EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

América Latina y El Caribe es una Región con un nivel relativamente bajo de participación de la electricidad en la matriz de consumo final, si la comparamos con el conjunto de los países de la OCDE. Esto se debe principalmente al mayor uso de la leña y gas licuado de petróleo en el sector residencial para la cocción de alimentos y al menor aprovechamiento de gas natural en los sectores residencial e industrial.

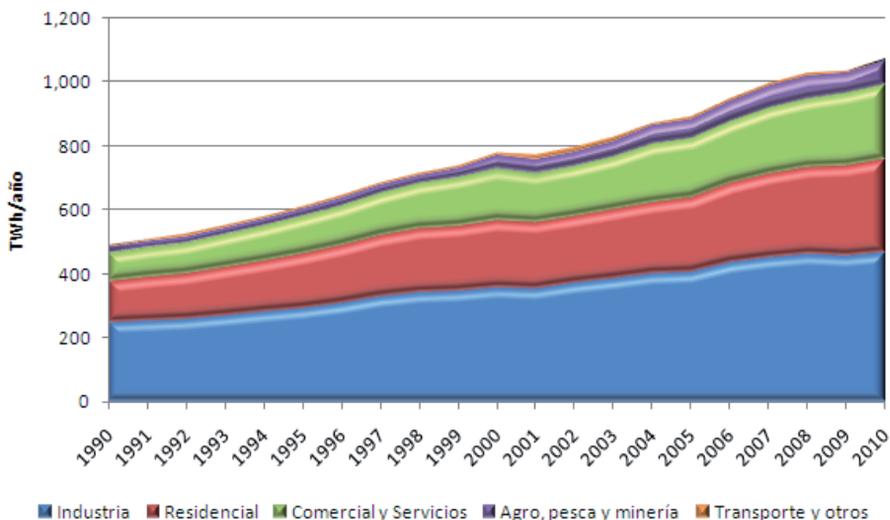
Figura No. 1 Participación de la electricidad en la matriz de consumo final



Fuentes: SIEE-OLADE y AIE, datos del año 2010

Durante las dos últimas décadas, el consumo de electricidad total en la región pasó de 489 TWh al año en 1990, a 1,073 TWh al año en 2010, lo que representa una tasa de crecimiento promedio anual del 4%, siendo el sector de actividades económicas primarias el de mayor incremento con el 7%, mientras que el de menor crecimiento ha sido el sector transporte con solamente el 1%.

Figura No. 2 Evolución del consumo de electricidad por sectores



Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010

Tras esta evolución, los sectores residencial y comercial, ganaron importante terreno frente al industrial en la matriz de consumo final, lo que refleja de alguna manera el mejoramiento del nivel de vida de la población, el moderado desarrollo industrial y el florecimiento de la actividad comercial y de servicios.

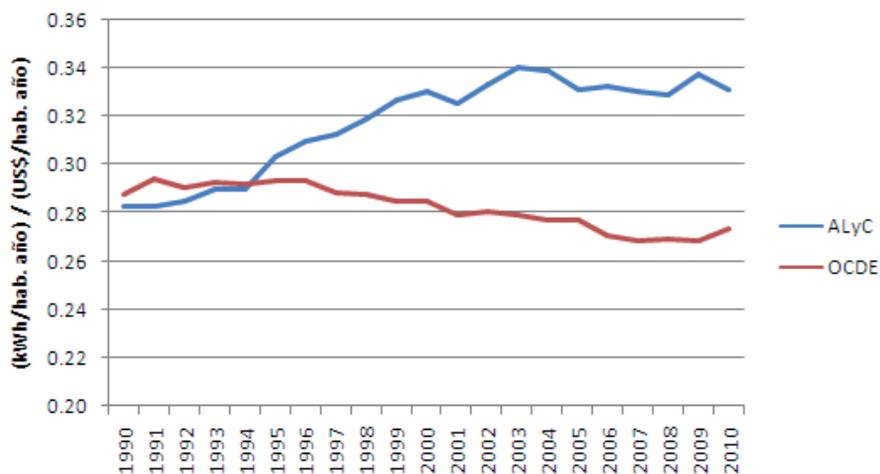
Figura No. 3 Estructura del consumo final de electricidad por sectores en ALyC



Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010

En América Latina y el Caribe, el crecimiento de la economía ha impulsado de una manera más directa el consumo de electricidad, que en los países de mayor desarrollo. Como se puede observar en la figura No. 4, mientras para los países de la OCDE, la relación entre el consumo de electricidad per cápita y el ingreso per cápita ha sido decreciente en los últimos 20 años, en América Latina y el Caribe este indicador presenta una tendencia creciente en la mayor parte de este período.

Figura No. 4 Relación entre el consumo de electricidad per cápita y el ingreso per cápita



Fuentes: SIEE-OLADE y AIE, datos del año 2010

Al comparar las tasas de crecimiento promedio anual (t.c.p.a) del consumo de electricidad per cápita y del PIB per cápita, entre la Región y los países OCDE, vemos que esta relación es de 1.49 para ALyC y solamente 0.82 para OCDE (tabla No. 1). Esto se explica porque en los países en desarrollo, un mayor ingreso para las familias, es casi siempre canalizado hacia el equipamiento de los hogares con más electrodomésticos y también porque mayores ingresos para los gobiernos centrales y seccionales, son invertidos en el mejoramiento de la cobertura eléctrica. No hay que olvidar además, que por lo general los países desarrollados cuentan con exitosos programas de

eficiencia energética que buscan disminuir la intensidad del consumo final de energía.

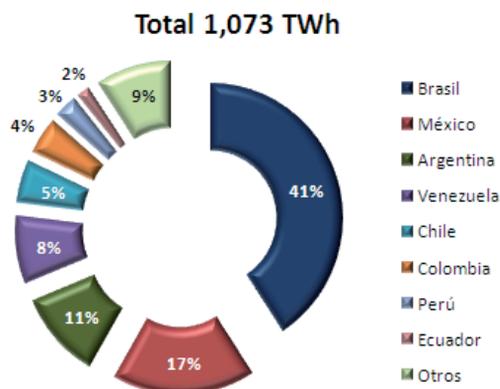
Tabla No. 1 Relación entre el PIB per cápita y el consumo de electricidad per cápita

	América Latina y el Caribe			Países OCDE		
	1990	2010	t.c.p.a.	1990	2010	t.c.p.a.
US\$/hab. año	3,996	5,541	1.65%	23,219	30,428	1.36%
kWh/hab. Año	1,129	1,833	2.45%	6,667	8,315	1.11%
Relación t.c.p.a			1.49			0.82

Fuentes: SIEE-OLADE y AIE, datos del año 2010

El consumo total de electricidad en América Latina y el Caribe está altamente concentrado en las principales economías, debiéndose destacar que Brasil, la economía más grande de la Región, participa con el 41% del consumo regional y que más del 80% de este valor, lo cubren 5 países, tal y como se puede observar en la figura No. 5.

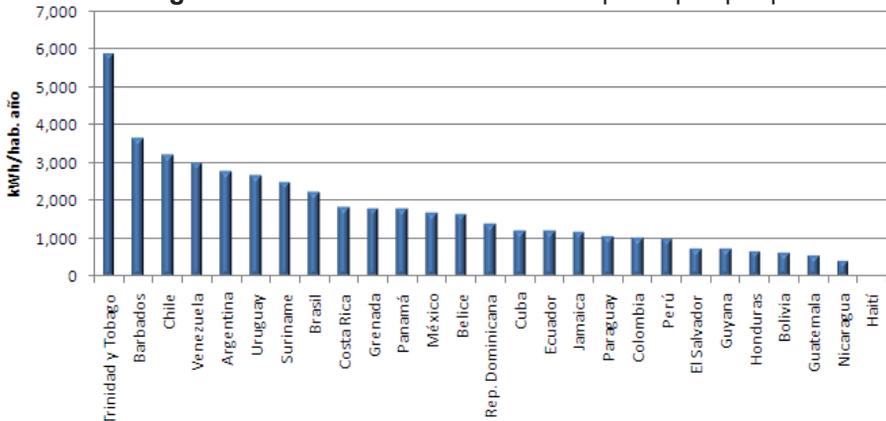
Figura No. 5 Distribución del consumo regional de electricidad por países



Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010

Al mirar el panorama desde el punto de vista per cápita, se observa que se destacan aquellos países que tienen una relativamente baja población, pero cuentan con infraestructura industrial o turística muy importante, como es el caso de Trinidad y Tobago, Barbados, Chile, Venezuela y Argentina.

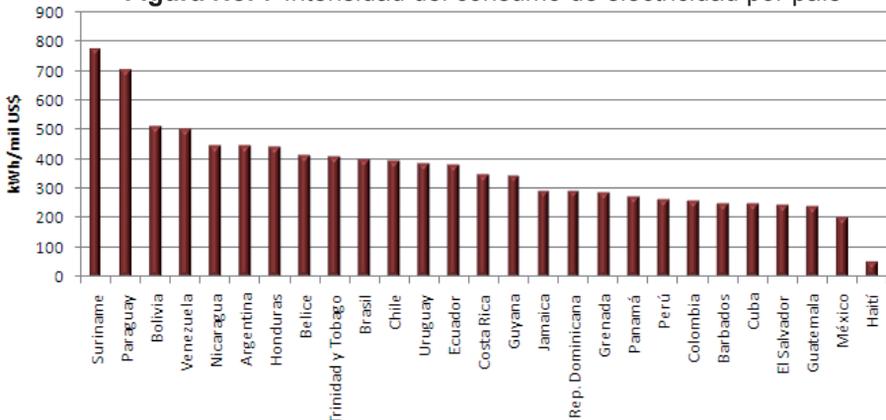
Figura No. 6 Consumo de electricidad per cápita por país



Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010

En cuanto a la intensidad del consumo de electricidad por país, los primeros lugares por países como Suriname, Paraguay, Bolivia y Nicaragua, con relativamente bajo PIB nominal y países como Venezuela y Argentina con niveles altos de consumo en el sector industrial.

Figura No. 7 Intensidad del consumo de electricidad por país



Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010

El Uso Racional de Energía en la Región

En la Región se han implementado durante los últimos años programas de Uso Racional de la Energía, con el fin de promover el ahorro energético y optimizar el manejo de los recursos naturales y económicos, habiéndose creado en algunos países instituciones y marcos jurídicos específicos para asegurar la eficacia de estos programas.

A continuación se mencionan algunas de las experiencias más exitosas de la Región respecto a instituciones y programas de uso racional de la energía:

PRONUREE – Argentina

El Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía – PRONUREE, creado mediante decreto presidencial del 21 de diciembre de 2007, tiene como objetivo contribuir y mejorar la eficiencia energética de los distintos sectores consumidores de energía. Este programa es ejecutado por la Secretaría de Energía, órgano dependiente del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, e incluye entre sus líneas de acción las siguientes:

- Promover el uso de electrodomésticos con etiquetado de eficiencia energética en los hogares.
- Diseño y construcción de edificios y viviendas eficientes.
- Alumbrado público y semaforización eficiente en los municipios
- Uso racional de energía en edificios públicos

PROCEL – Brasil

El objetivo del Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica (PROCEL), es promover el uso racional de la producción y consumo de la energía eléctrica, para eliminar los desperdicios y reducir costos.

PROCEL fue creado en diciembre de 1985 por los Ministerios de Minas y Energía y de la Industria de Comercio, y fue sugerido por una

Secretaría-Ejecutiva subordinada de Eletrobras. El 18 de julio de 1991, PROCEL fue transformado en un programa del gobierno, con mayor alcance y ampliación de sus funciones.

El programa utiliza recursos de ELETROBRAS y de la Reserva Global de Inversión (RGR) – fondo federal constituido con recursos de servicios públicos, proporcional a cada inversión. También utilizan los recursos de organismos internacionales.

ACHEE – Chile

En 2005 la Comisión Nacional de Energía (CNE), dependiente del Ministerio de Economía de Chile, crea el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), con el objetivo de "consolidar el uso eficiente como una fuente de energía, contribuyendo así al desarrollo energético sustentable de Chile".

La creación de la Agencia se basa en una evaluación de desempeño ambiental realizada al país el año 2005 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), el que resaltó en sus recomendaciones la importancia de incorporar la eficiencia energética en el desarrollo de la nación.

La AchEE es una fundación de derecho privado, sin fines de lucro, cuya misión es promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía articulando a los actores relevantes, a nivel nacional e internacional, e implementando iniciativas público privadas en los distintos sectores de consumo energético, contribuyendo al desarrollo competitivo y sustentable del país.

PROURE – Colombia

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia, mediante resolución del 1 de junio de 2010, resuelve adoptar el Plan de Acción Indicativo 2010-2015, para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y Demás Formas de Energía no Convencionales – PROURE, con líneas de acción en los diferentes sectores de consumo final como las siguientes:

Sector residencial:

- Sustitución de lámparas incandescentes.
- Uso eficiente de energía en equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos.
- Hornillas eficientes.
- Diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de viviendas.
- GLP en el sector rural y zonas marginales.

Sector Industrial:

- Optimización de la energía eléctrica para fuerza motriz.
- Optimización del uso de calderas.
- Eficiencia en iluminación.
- Gestión integral de la energía en la industria con énfasis en producción más limpia.
- Cogeneración y autogeneración
- Optimización de procesos de combustión
- Optimización de cadenas de frío.

CONUEE - México

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, tiene como objetivo promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Entre las atribuciones del CONUEE están el emitir opiniones vinculatorias para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía; formular y emitir las metodologías y procedimientos para cuantificar el uso de energéticos y determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados derivados del aprovechamiento sustentable de la energía consumida; y vigilar, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables.

INER - Ecuador

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable - INER, entidad adscrita al Ministerio de Electricidad y Energía

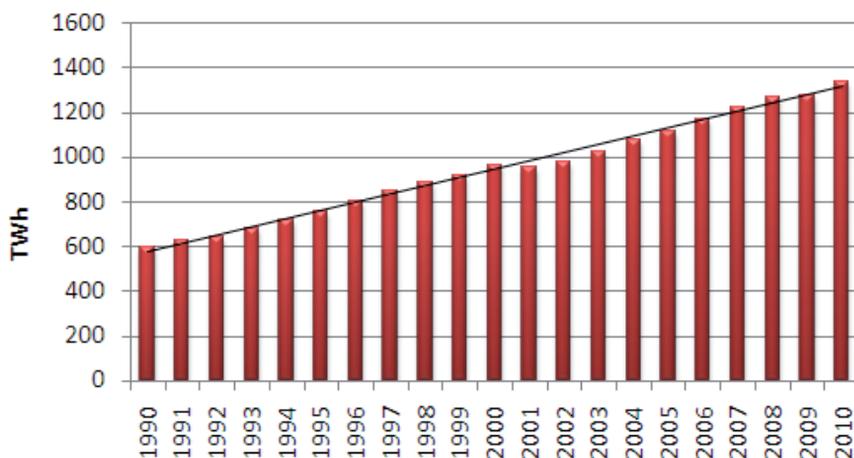
Renovable de Ecuador, fue creado por Decreto Presidencial 1048 del 10 de febrero de 2012 y tiene como objetivo fomentar la investigación científica y tecnológica, la innovación, difusión del conocimiento, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas no contaminantes de bajo impacto, la diversificación de la matriz energética, así como promocionar una mayor participación de energías renovables sostenibles en la matriz energética de Ecuador.

LA OFERTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

En conjunto la región de América Latina y el Caribe, generó durante el año 2010, 1,339 TWh de electricidad, con un crecimiento aproximado del 5% respecto a la generación de 2009 y un 4% de crecimiento promedio anual durante las dos últimas décadas, lo que coincide con la tasa de crecimiento promedio anual del consumo final.

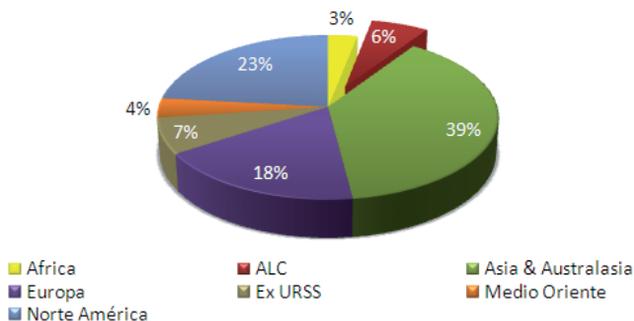
Por otra parte, la oferta mundial de energía eléctrica a 2010, alcanzó la cifra de 21 mil 289 TWh, siendo la región de Asia y Australasia la que mayor participación alcanza con un 39%, mientras que América Latina y El Caribe participa con el 6% del total mundial.

Figura No. 8 Evolución de la Generación Eléctrica de América Latina y El Caribe



Fuente: OLADE – SIEE, datos del año 2010

Figura No. 9 Distribución de la Generación Mundial de Electricidad



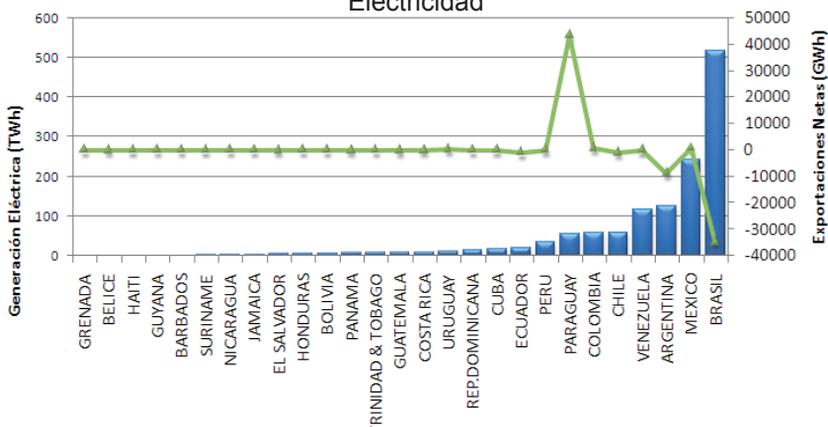
Fuente: OLADE – SIEE, datos del año 2010

Dentro de la región, Brasil es el principal productor de electricidad, con una generación, durante el año 2010, de 516 TWh, duplicando la generación de México que se encuentra en segundo lugar con 243 TWh. le siguen Argentina, Venezuela, Chile, Colombia y otros.

Paraguay es el mayor exportador de electricidad en la Región, en 2010, sus exportaciones llegaron a 43.4 TWh con destino a Brasil y Argentina con los que comparte dos grandes centrales hidroeléctricas como son Itaipú y Yacyretá respectivamente.

Por su parte, Brasil es el mayor importador neto de la región con cifras que alcanzaron los 35.9 TWh en 2010, Argentina es el segundo mayor importador con 10.3 TWh.

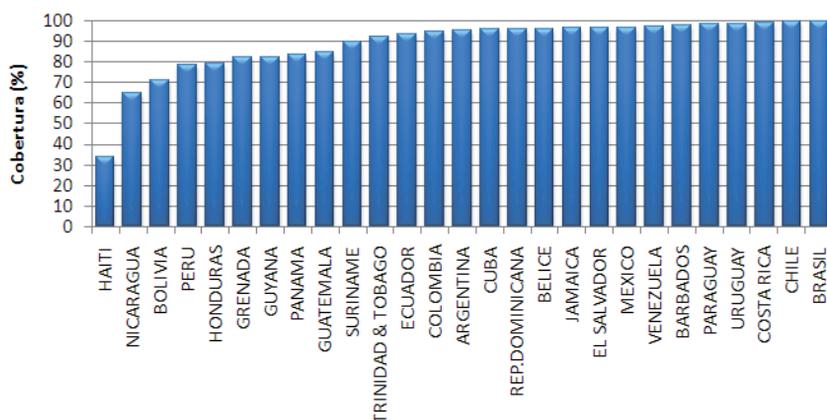
Figura No. 10 Generación Eléctrica y Exportación Neta de Electricidad



Fuente: OLADE – SIEE, datos del año 2010

Con datos a 2010, la cobertura eléctrica promedio de la región es de 88.6%, es decir, aproximadamente 66 millones de personas en la Región no cuentan con acceso al servicio eléctrico. Brasil, Chile y Costa Rica tienen cobertura eléctrica sobre el 99% mientras en el otro extremo se encuentran Haití y Nicaragua con 34% y 65% respectivamente, siendo que Nicaragua tiene metas de superar el 80% de cobertura en los próximos años.

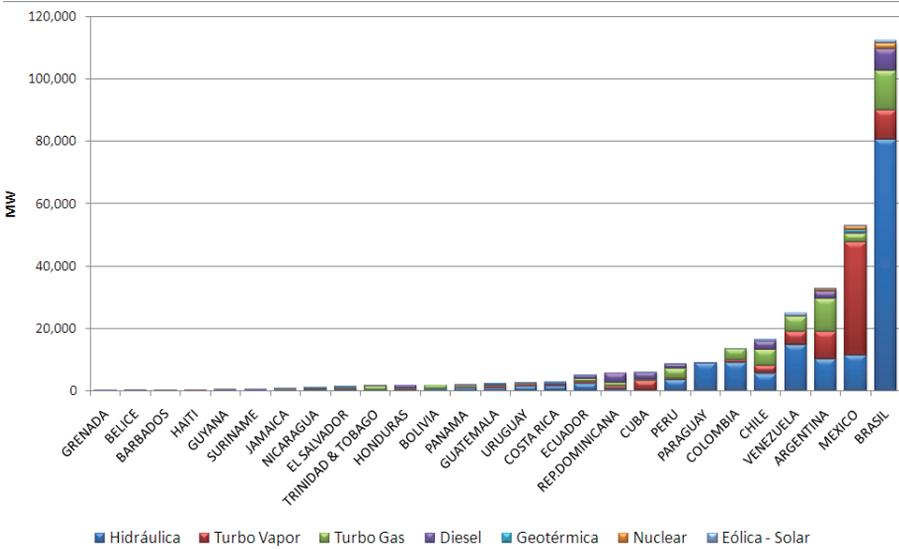
Figura No. 11 Cobertura Eléctrica en América Latina y el Caribe



Fuente: OLADE – SIEE: Datos al 2010

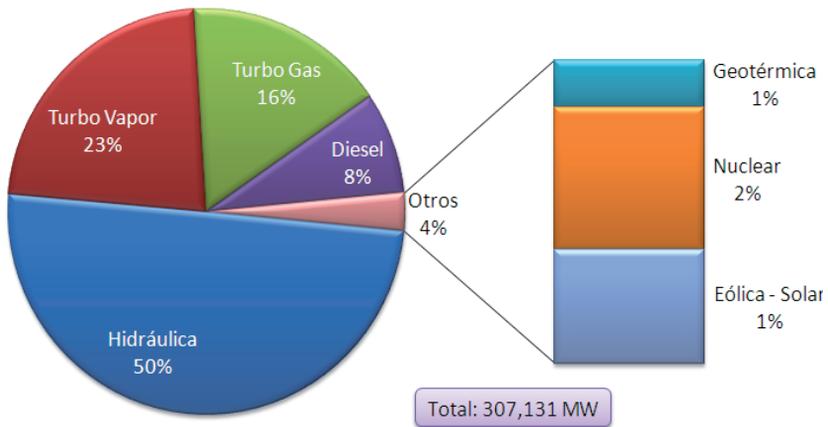
La capacidad instalada de generación eléctrica en la Región, a 2010, fue de 307 mil 131 MW, de los cuales, cerca de la mitad (49.8%) corresponde a centrales hidroeléctricas, 47% a térmicas, 0.5% geotérmicas, 1.4% nucleares y 1.14% a otras tecnologías donde se cuentan eólicas y fotovoltaicas.

Figura No. 12 Capacidad Instalada de Generación Eléctrica



Fuente: OLADE – SIEE: Datos al 2010

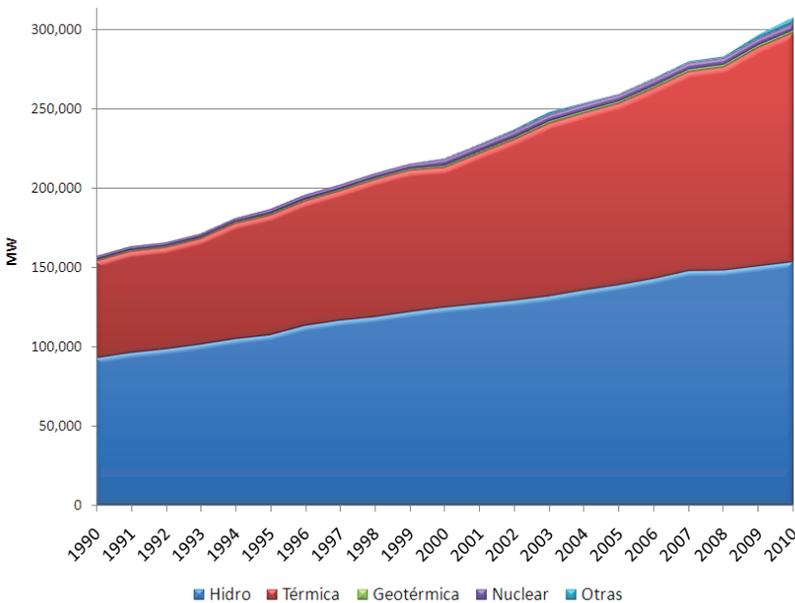
Figura No. 13 Distribución de la Capacidad Instalada por tipo de tecnología



Fuente: OLADE – SIEE: Datos al 2010

La capacidad instalada de generación eléctrica se ha prácticamente duplicado durante las dos últimas décadas, pasando de 157 mil MW en 1990, a 307 mil 131 MW en 2010. Como se puede apreciar en la figura XX, el crecimiento del parque térmico ha sido en mayor proporción, con una tasa promedio anual del 4.4% mientras que la hidroeléctrica ha crecido a ritmos de 2.5%. En el componente térmico, la tecnología que más ha incrementado su capacidad es la de turbinas a gas, pasando de 11 mil 364 MW en 1990, a 50 mil 314 en 2010, es decir casi se ha quintuplicado.

Figura No. 14 Evolución de la capacidad instalada por tipo de planta



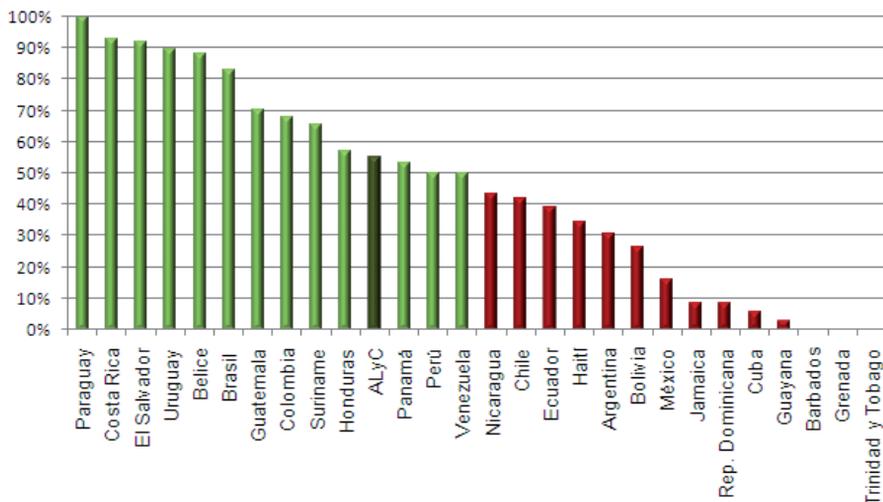
Fuente: OLADE – SIEE, datos del 2010

Participación de las fuentes renovables en la generación eléctrica

América latina y el Caribe sustenta como región un alto índice de renovabilidad en su matriz de generación eléctrica, del orden del 55% y a la vez 15 de los 27 países miembros de OLADE, tienen este indicador

por encima del 50% como se puede observar en la figura No. 15.

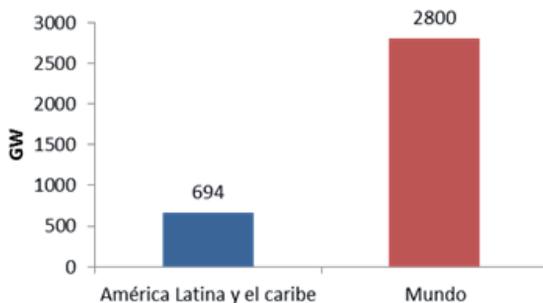
Figura No. 15 Índice de renovabilidad de la generación eléctrica



Fuente: OLADE - SIEE, datos del año 2010

Cómo ya se mencionó anteriormente, el principal recurso renovable que está siendo aprovechado en la Región para generación eléctrica es la hidronegía, que participa con el 50% de la capacidad instalada total, sin embargo este valor que a 2010, fue de 153 mil 191 MW, solamente representa el 22% del potencial hidroeléctrico regional que se estima en alrededor de 694 mil MW, que a su vez corresponde al 25% del potencial hidroeléctrico mundial.

Figura No. 16 Potencial Hidroeléctrico ALyC vs. Mundo



Fuente: OLADE - SIEE, datos del año 2010

Pese al gran porcentaje del potencial hidroenergético que falta por aprovechar, el desarrollo de las grandes centrales hidroeléctricas se ha visto frenado en los últimos años, debido principalmente al cambio de las políticas de los gobiernos y de los organismos de financiamiento multilaterales, que han reorientado su inversión hacia proyectos de aprovechamiento de fuentes renovables no convencionales como la energía eólica, la solar, la geotérmica y las pequeñas centrales hidroeléctricas.

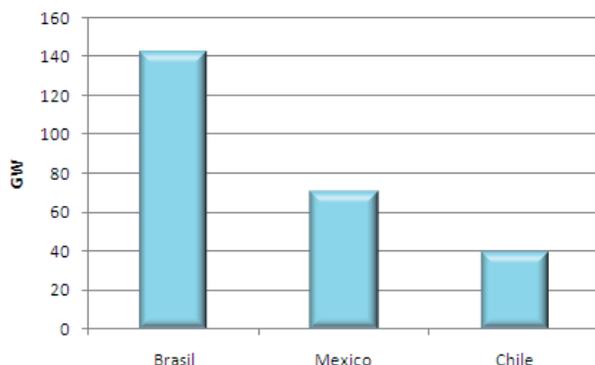
Tabla No. 2 Potencial y capacidad instalada hidroeléctrica

PAIS	Potencial (MW)	Capacidad (MW)	Aprovechado (%)
Argentina	40,400	10,044	25%
Belice	900	53	6%
Bolivia	40,000	488	1%
Brasil	260,093	80,637	31%
Chile	25,156	5,481	22%
Colombia	93,000	9,026	10%
Costa Rica	6,633	1,554	23%
Cuba	650	63	10%
Ecuador	25,150	2,242	9%
El Salvador	2,165	472	22%
Guatemala	5,000	853	17%
Guyana	7,000	0	0%
Haití	207	61	29%
Honduras	5,000	526	11%
Jamaica	86	25	29%
México	53,000	11,503	22%
Nicaragua	2,000	105	5%
Panamá	3,282	936	29%
Paraguay	12,516	8,810	70%
Perú	58,937	3,438	6%
Rep. Dominicana	2,095	523	25%
Suriname	2,420	189	8%
Uruguay	1,815	1,538	85%
Venezuela	46,000	14,623	32%
Total ALyC	693,506	153,192	

Fuente: Fuente: OLADE - SIEE, datos del año 2010

Estudios recientes llevados a cabo en Brasil, México y Chile, muestran que en conjunto estos 3 países sumarían un potencial eólico cercano a los 240 GW, lo que indica un inmenso potencial en la Región de este recurso renovable.

Figura No. 17 Potencial eólico de Brasil, México y Chile



Fuente: GWEC, 2012

Son todavía pocos los países de la Región que hasta el año 2011, han alcanzado valores significativos de capacidad instalada de generación eléctrica con recurso eólico, destacándose en los tres primeros lugares Brasil, México y Chile que en conjunto participan con el 80% del total regional que se contabiliza en 3 mil 203 MW como se observa en la tabla No. 3.

Tabla No. 3 Capacidad Instalada de generación eólica

País	Capacidad Instalada	
	MW	%
Brasil	1,509	47%
México	873	27%
Chile	205	6%
Argentina	130	4%
Costa Rica	132	4%
Honduras	102	3%
Rep. Dominicana	33	1%
Resto del Caribe	91	3%
Otros	128	4%
ALyC	3,203	100%

Fuente: GWEC, 2012

Otro recurso renovable que debe ser tomado en cuenta, es la geotermia, con una importante relevancia principalmente en los países que forman parte del cinturón de fuego del pacífico.

El potencial geotérmico estimado en la Región, es de 35 mil 590 MW a 2010, sin embargo solamente se cuenta con una capacidad instalada cercana a los mil quinientos MW, lo que significa solamente un 4% de aprovechamiento.

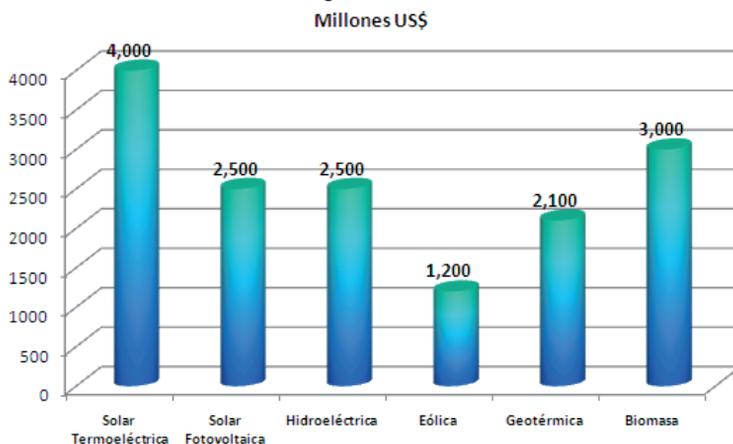
Tabla No. 4 Potencial y capacidad Instalada de generación geotérmica

País	Potencial		Capacidad	
	MW	%	MW	%
Argentina	2,010	6%		0%
Bolivia	2,490	7%		0%
Chile	2,350	7%		0%
Colombia	2,210	6%		0%
Costa Rica	2,900	8%	166	11%
Ecuador	1,700	5%		0%
El Salvador	2,210	6%	204	14%
Grenada	1,110	3%		0%
Guatemala	3,320	9%	49	3%
Honduras	990	3%		0%
Jamaica	100	0%		0%
México	6,510	18%	965	66%
Nicaragua	3,340	9%	88	6%
Panamá	450	1%		0%
Perú	2,990	8%		0%
Venezuela	910	3%		0%
ALyC	35,590	100%	1,471	100%

Fuente: OLADE – SIEE, datos del 2010

El desarrollo de proyectos de generación con fuentes renovables implica, por lo general, una gran inversión monetaria. Con aproximadamente 4 mil US\$ por kW desarrollado, la generación solar termoeléctrica requiere mayor inversión, como se aprecia en la figura siguiente:

Figura No. 18 Comparativo de inversiones para diferentes tecnologías renovables

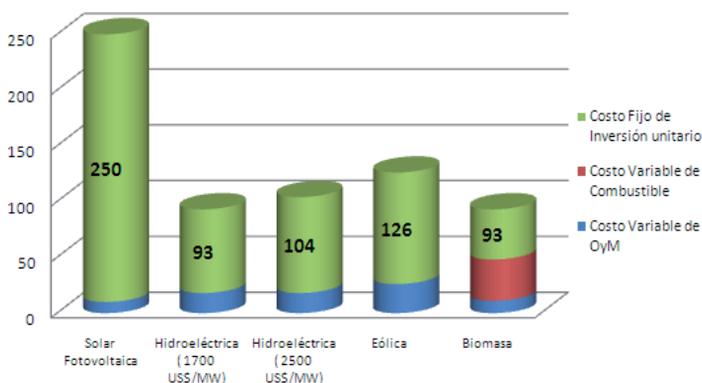


Fuente: OLADE – SIEE, datos del 2010

Respecto a los costos de producción, nuevamente la generación solar fotovoltaica refleja ser la más costosa con 250 US\$ por MWh generado.

Figura No. 19 Comparativo de costos de producción para diferentes tecnologías renovables

Costos de Producción US\$/MWh



Fuente: OLADE – SIEE, datos del 2010

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La generación distribuida (GD) representa un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada. Aunque se pudiera pensar que es un concepto nuevo, la realidad es que tiene su origen en los inicios mismos de la generación eléctrica.

De hecho, la industria eléctrica se fundamentó en la generación en el sitio del consumo. Después, como parte del crecimiento demográfico y de la demanda de bienes y servicios, evolucionó hacia el esquema de Generación Centralizada, precisamente porque la central eléctrica se encontraba en el centro geométrico del consumo, mientras que los consumidores crecían a su alrededor.

Con el tiempo, la generación eléctrica se estructuró como se conoce hoy en día, es decir, con corriente alterna y transformadores, lo que permite llevar la energía eléctrica prácticamente a cualquier punto alejado del centro de generación.

Factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, plantearon la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica; y por otro, el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales.

Una de estas alternativas tecnológicas es generar la energía eléctrica lo más cerca posible al lugar del consumo, incorporando ahora las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo de la red del sistema eléctrico, para compensar cualquier requerimiento adicional de compra o venta de energía. A esta modalidad de generación eléctrica se le conoce como, generación dispersa, o más cotidianamente como generación distribuida.

Figura No. 20 Esquema de un sistema de generación distribuida

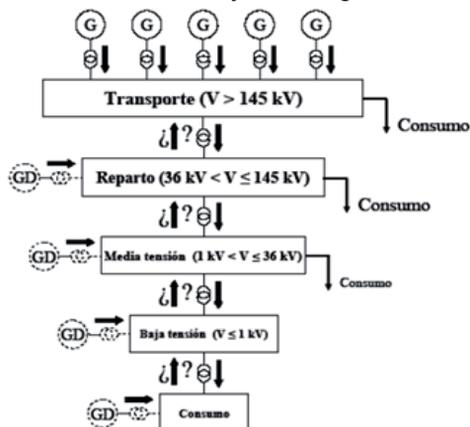


Fuente: Guía básica de la generación distribuida, Fenercom, 2007

A este modelo de generación se lo puede definir como “La generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar con la red eléctrica, considerando la máxima eficiencia energética” o como “Una fuente de potencia eléctrica conectada directamente a la red de distribución o en las instalaciones de los consumidores”.

Con la presencia de la generación distribuida la nueva estructura de flujos se vería como se muestra la figura No. 21.

Figura No. 21 Estructura de flujos en la generación distribuida.



Fuente: Javier Sepúlveda, Universidad Carlos III de Madrid, 2010

Tecnología de generación distribuida

El éxito de la difusión y fomento de la generación distribuida radica en la existencia de tecnologías de punta que permitan, para potencias pequeñas, generar energía eléctrica en forma eficiente, confiable y de calidad.

Las tecnologías de generación se pueden clasificar en función de la fuente de energía que utilicen, según lo muestra la figura 22.

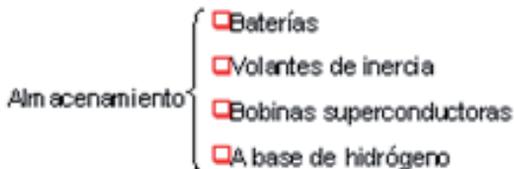
Figura No. 22 Tecnologías de generación distribuida



Fuente: Conuee, México, 2010

Algunas de estas tecnologías de generación distribuida, especialmente no convencionales como fotovoltaicas y celdas de combustible necesitan tener acoplados sistemas auxiliares de almacenamiento de energía, debido a la discontinuidad de su régimen de producción. Los sistemas de almacenamiento más utilizados son los que se muestran en la figura 23.

Figura No. 23 Sistemas de almacenamiento más utilizados



Fuente: Conuee, México, 2010

En la tabla No. 5 se muestra un resumen de las principales características de las tecnologías de generación utilizadas.

Tabla No. 5 Características de las tecnologías de generación distribuida

Tecnología	Fuente de energía	Rango de potencia (MW)	Rendimiento (%)	Costo de Inversión US\$/kW
Motor alternativo	Gas natural, diesel, biogás, propano	0.08 - 20	28-42% (gas natural), 30-50% (diesel), 80-85% (cogeneración)	600-1100
Turbina de gas	Gas natural, biogás, propano	0.25 -500	25-60% (normal) 70-90% (cogeneración)	740-1700
Minihidráulica	Agua	0.01-10	80-90%	1200-2200
Eólica	Viento	0.005-5	43%	1350-2100
Solar térmica	Solar	0.0002-200	13-21%	4300-9900
Fotovoltaica	Solar	0.001-0.1	14%	6100-8600
Biomasa	Biomasa		32%	1800-3100
Microturbina	Gas natural, hidrógeno, propano, diesel	0.025-0.4	25-30% (normal) hasta 85% (cogeneración)	1100-2500

Fuente: Javier Sepúlveda, Universidad Carlos III de Madrid, 2010

Aplicaciones de la generación distribuida

La aplicación de una u otra tecnología de generación distribuida, depende de los requerimientos particulares del usuario.

- **Carga base:** se utiliza para generar energía eléctrica en forma continua ya que puede operar en paralelo con la red de distribución, además puede tomar o vender parte de la energía, y usa la red para respaldo y mantenimiento.
- **Proporcionar carga en punta:** se utiliza para suministrar la energía eléctrica en períodos de punta, con lo que disminuye la demanda máxima del consumidor, ya que el costo de la energía en este período es el más alto.

- Generación aislada o remota: se usa el arreglo para generar energía eléctrica en el modo de autoabastecimiento, debido a que no es viable a partir de la red eléctrica (sistema aislado o falta de capacidad del suministrador).
- Soporte a la red de distribución: a veces en forma eventual o bien periódicamente, la empresa eléctrica requiere reforzar su red eléctrica instalando pequeñas plantas, incluida la subestación de potencia, debido a altas demandas en diversas épocas del año, o por fallas en la red.
- Almacenamiento de energía: Se puede tomar en consideración esta alternativa cuando es viable el costo de la tecnología a emplear, las interrupciones son frecuentes o se cuenta con fuentes de energía renovables.

Beneficios de la generación distribuida

Los sistemas de generación distribuida se deben a los beneficios inherentes a la aplicación de esta tecnología, tanto para el usuario como para la red eléctrica. A continuación se listan algunos de los beneficios:

Beneficios para el usuario

- Incremento en la confiabilidad
- Aumento en la calidad de la energía
- Reducción del número de interrupciones
- Uso eficiente de la energía
- Menor costo de la energía (en ambos casos, es decir, cuando se utilizan los vapores de desecho, o por el costo de la energía eléctrica en horas pico)
- Uso de energías renovables
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio
- Disminución de emisiones contaminantes

Beneficios para el suministrador

- Reducción de pérdidas en transmisión y distribución
- Abasto en zonas remotas
- Libera capacidad del sistema
- Proporciona mayor control de energía reactiva
- Mayor regulación de tensión
- Disminución de inversión
- Menor saturación
- Reducción del índice de fallas

La generación distribuida en el mundo

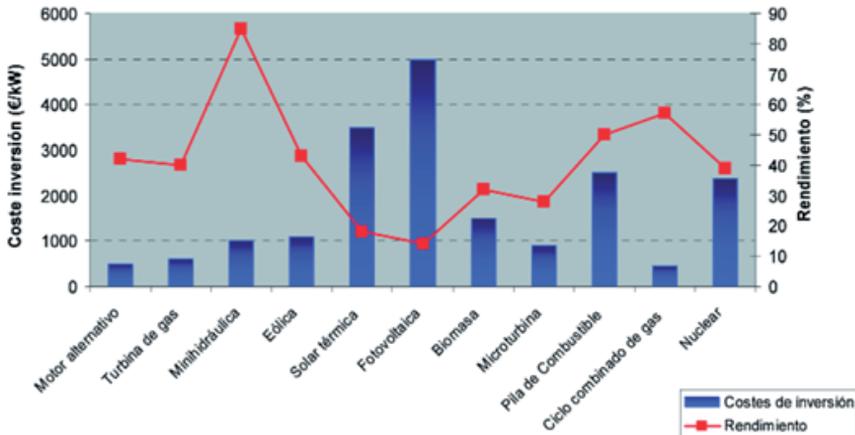
En el contexto internacional el uso de la generación distribuida ha sido impulsado por diversos factores. De acuerdo con datos Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas (CIGRE), en varios países del mundo se ha incrementado el porcentaje de la potencia instalada con este tipo de generación, en relación con la capacidad total instalada. Así, en países como Dinamarca y Holanda, se alcanza valores de hasta el 37%, en otros, como Australia, Bélgica, Polonia, España y Alemania, esta relación es del 15%.

En Estados Unidos, la participación en capacidad de la generación distribuida es de solamente el 5%, pero en los próximos años se espera que este valor alcance el 30%.

Se estima que en los próximos 10 años el mercado mundial para la generación distribuida será del orden de 4 a 5 mil millones de dólares.

En la figura 24 se muestra una comparación de los costos de inversión y los rendimientos eléctricos medios de las tecnologías de generación distribuida más desarrolladas, de los ciclos combinados de gas y de las centrales nucleares, que no entran en la categoría de generación distribuida, pero permiten comparar este modelo de generación con la generación centralizada.

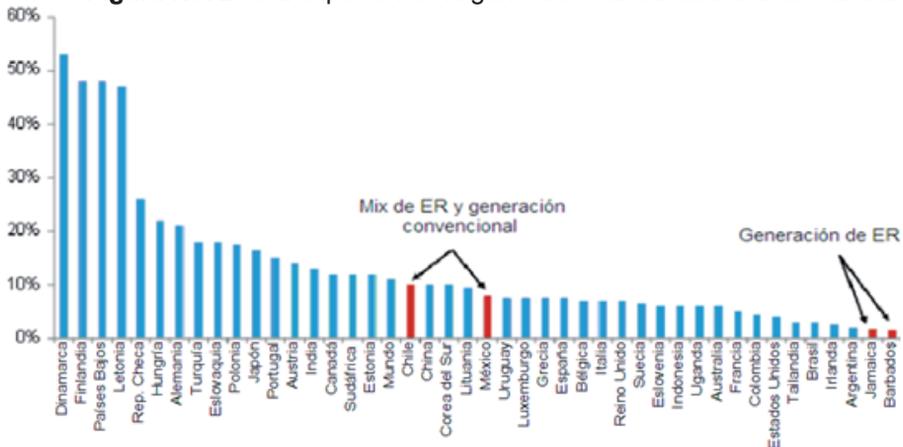
Figura No. 24 Costos de inversión vs. Rendimiento eléctrico de las tecnologías de generación distribuida



Fuente: Javier Sepúlveda, Universidad Carlos III de Madrid, 2010

En la siguiente figura, se muestra el porcentaje de generación distribuida con la que cuentan algunos países a nivel mundial.

Figura No. 25 Participación de la generación distribuida a nivel mundial



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo – BID, 2011

La generación distribuida en América Latina y el Caribe

El fundamento clave para promover la generación distribuida renovable en la región de América Latina y el Caribe, se basa en reducir el costo de la electricidad, lo que también contribuye directamente a la competitividad y al crecimiento económico. No obstante, la generación distribuida renovable también proporciona muchos otros beneficios que pueden representar fundamentos viables para su promoción por parte de los países, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el apoyo al desarrollo de una nueva industria “verde”, el aumento de la seguridad energética, la reducción de pérdidas del sistema y de la capacidad de generación innecesaria.

En particular, Chile y México son los países latinoamericanos con el mayor porcentaje de generación distribuida (cerca del 10% y el 8% de la generación total, respectivamente). No obstante, esto es producto de la combinación de energía renovable y generación convencional.

Jamaica registra alrededor de un 1.7% de generación distribuida, si se toma en cuenta únicamente la cogeneración con biomasa y algunos sistemas solares fotovoltaicos.

Barbados cuenta con cerca del 1.5% de generación distribuida, si se considera sólo la cogeneración con biomasa y algunos sistemas solares fotovoltaicos.

LAS REDES INTELIGENTES (*SMART GRIDS*)

La expresión *Smart Grid* (Red Inteligente), es un término que se ha vuelto bastante usual, cuando se habla de ciudades sostenibles. Con la finalidad de ser eficiente en el consumo energético, una ciudad debe contar con la tecnología de la red necesaria para brindarles a los usuarios suficiente información sobre su consumo y la capacidad de controlar sus ahorros energéticos.

La Plataforma Tecnológica Europea de *Smart Grids* (*Smart Grids: European Technology Platform*) define a *Smart Grid* como “la aplicación de nuevas tecnologías de comunicación e información digital, para gestionar en forma eficiente los recursos de generación, transmisión, distribución y las instalaciones del cliente. Esto, con el objetivo de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible”.

La utilización de equipos y servicios innovadores, junto con nuevas tecnologías de comunicación, control, monitorización inteligente y técnicas de autoajuste, tiene la finalidad de:

- Fomentar la participación de los usuarios de forma activa en la red.
- Permitir la coexistencia en la red de todo tipo de generadores, independientemente de su tamaño o tecnología.
- Suministrar a los usuarios una mayor cantidad de información y opciones a la hora de seleccionar el suministro eléctrico.
- Reducir el impacto ambiental por medio de mejoras en la eficiencia de la generación y el transporte energético.
- Mejorar el nivel de la energía eléctrica generada, permitiendo al usuario que lo requiera, disponer de cierto grado de calidad en su suministro energético.
- Mejorar y ampliar los servicios energéticos de forma eficiente.

Tabla No. 6 Comparación entre las redes de distribución convencionales y las *Smart Grids*

Característica	Red convencional	Smart Grids
Automatización	Existencia muy limitada de elementos de monitorización, reservándose a la red de transporte.	Integración masiva de sensores, actuadores, tecnologías de medición y esquemas de automatización en todos los niveles de la red.
Inteligencia y Control	La red convencional de distribución carece de inteligencia, utilizando un control manual.	Se enfatiza la creación de un sistema de información e inteligencia distribuido en la red.
Autoajuste	Se basa en la protección de dispositivos ante fallos del sistema.	Detecta y responde a problemas en la transmisión y distribución en tiempo real. Minimiza el impacto en el consumidor.
Participación del consumidor y generación distribuida	Los consumidores están desinformados y no participan en la red. No se genera energía localmente, lo que implica un flujo energético unidireccional.	Incorporación masiva de generación distribuida, la que permite coordinarse a través de la red inteligente. En esta generación participa el usuario con la entrega del exceso energético generado localmente.
Gestión de la demanda	No existe ningún tipo de gestión en la utilización de dispositivos eléctricos, en función de la franja horaria del día, o del estado de la red eléctrica.	Incorporación por parte de los usuarios de electrodomésticos y equipos eléctricos inteligentes, que permiten ajustarse a esquemas de eficiencia energética, señales de precios y seguimiento de programas de operación predefinidos.
Calidad eléctrica	Solo se resuelven los cortes de suministro, ignorando los problemas de calidad eléctrica.	Calidad eléctrica que satisface a industrias y clientes. Identificación y resolución de problemas de calidad eléctrica. Varios tipos de tarifas para varios tipos de calidades eléctricas.
Optimización del transporte eléctrico	En la actualidad se pierde una gran cantidad de energía debido a la poca eficiencia en el transporte eléctrico.	Sistemas de control inteligentes que permiten extender los servicios intercambiados entre los distintos agentes del mercado eléctrico y, asimismo, aprovechar eficientemente la capacidad de transmisión de la red.

Preparación de mercados	<p>Los mercados de venta al por mayor siguen trabajando para encontrar los mejores modelos de operación.</p> <p>No existe una buena integración entre éstos.</p> <p>La congestión en la transmisión separa compradores de vendedores entre éstos.</p> <p>La congestión en la transmisión separa compradores de vendedores</p>	<p>Buena integración de los mercados al por mayor.</p> <p>Prósperos mercados al por menor.</p> <p>Congestiones de transmisión y limitaciones mínimas eficientemente la capacidad de transmisión de la red.</p> <p>Buena integración de los mercados al por mayor.</p> <p>Prósperos mercados al por menor.</p> <p>Congestiones de transmisión y limitaciones mínimas</p>
-------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España, 2012

Principales aspectos tecnológicos

Cambio del modelo de generación: la voluntad de los gobiernos de ampliar la participación de las fuentes renovables en sus matrices energéticas, a través del incentivo a la generación distribuida, este cambio de modelo de generación es un gran impulso para el desarrollo de las *Smart Grids*, ya que teniendo los centros de generación cerca de la carga, se puede controlar de mejor manera el consumo de la energía, prescindiendo del sistema de transmisión y distribución, y con ello se reduce las pérdidas de energía ocasionadas por dichos sistemas.

Los sistemas *Smart Grids* permiten gestionar esta generación distribuida manteniendo al sistema eléctrico estable, además de permitir gestionar en forma apropiada las transacciones económicas correspondientes.

Telemedida: Consiste en poder leer la energía consumida de manera remota. Una *Smart Grid* debe utilizar, medidores digital avanzados en toda su extensión. Estos medidores deberán tener dos vías comunicación, deben ser capaces de conectar y desconectar servicios a distancia, registrar las formas de onda, vigilar la tensión y la corriente.

El mayor cambio que tendrán estos avanzados medidores es permitir lecturas en tiempo real, esto permite igualar los patrones de

distribución de carga en el sistema, por medio de una respuesta a la demanda.

Distribución automatizada: se refiere a la supervisión, control y funciones de comunicación situado en el alimentador.

Desde una perspectiva del diseño, los aspectos más importantes de este concepto se encuentran en las áreas de protección y de conmutación.

Estos dispositivos pueden interrumpir la corriente de falla, vigilar las corrientes y voltajes, y automáticamente reconfigurar el sistema, con el fin de reducir las interrupciones del servicio, y así aumentar la confiabilidad del sistema.

Redes de telecomunicación: con el fin de soportar las crecientes tecnologías de automatización en las subestaciones (SAS), redes de distribución (DA) y usuarios (AMI) se requieren de redes y enlaces de telecomunicaciones cada vez más rápidos, flexibles y confiables, con el fin de garantizar que los datos generados desde los dispositivos de campo se transportan en el momento en que se requieran.

Los Smart Grids en América Latina y el Caribe

América Latina es una región que muestra una actividad creciente y significativa en la implementación de Smart Grids, con Brasil a la cabeza, seguido de Argentina y México.

Brasil

En Brasil, el concepto de *Smart Grid* es el tema con mayor énfasis en el sector energético brasileño, este país es identificado como un país que recientemente ha tenido, y continúa teniendo un enorme crecimiento económico y por lo tanto, la necesidad de expansión y modernización del actual sistema de energía eléctrica, con el fin de hacer frente al incremento continuo de demanda de energía.

En el 2010, empresas eléctricas Brasileñas comenzaron el estudio de

Smart Grid con el fin de prepararse y estratégicamente dirigir sus inversiones hacia: nueva infraestructura, investigación y desarrollo, y sobre todo para la modernización del sistema eléctrico brasileño.

Entre los factores motivadores, para la implementación de *Smart Grids*, se destacan los siguientes:

- Reducción de las pérdidas no técnicas.
- Aumento de la eficiencia operativa.
- La ampliación y automatización del sistema de alimentación eléctrica con la normalización de las tecnologías inteligentes.
- Mejora de la confiabilidad del sistema y la calidad de energía, especialmente para las industrias.

Con el fin de ayudar con las investigaciones para el desarrollo de las *Smart Grids* en el país Brasileño grades empresas privadas como por ejemplo: IBM, *Silver Springs* Redes y *General Electric*, y otras de menor peso, actualmente, ya están haciendo inversiones en investigaciones, y con implementación de proyectos pilotos en algunas ciudades Brasileñas.

De los cuales los más destacados fueron construidos por empresas pioneras, en redes inteligentes.

- CEMIG, con el proyecto Ciudad del futuro
- AES Eletropaulo, con el proyecto *Smart Grid* en la ciudad de Sao Paulo
- CELESC, con el proyecto micro red de energía sostenible

El proyecto ciudad del futuro fue implementado en *Sete Lagoas*, este proyecto sirvió de modelo para la implementación de nuevas tarifas en tiempo real con su respectiva facturación, redujo los costos de la energía y las pérdidas, mejoró la eficiencia de la red eléctrica, optimizó la gestión y el control de la carga, y finalmente mejoró la calidad del servicio eléctrico en esta ciudad.

En el 2010, la compañía AES Eletropaulo invirtió recursos en un proyecto piloto para desarrollar un sistema de distribución inteligente integrando, sistemas de información y comunicación, así como equipos

avanzados. Con el objetivo de supervisar el sistema eléctrico y automatizar el proceso de distribución de energía.

Otra empresa que ayuda con investigaciones para el desarrollo de *Smart Grids* la Compañía Paranaense de Energía (COPEL), la vista principal es transformar a la ciudad de Curitiba en una ciudad digital. Las inversiones realizadas fueron destinadas para la infraestructura, incluyendo la instalación de nuevas redes eléctricas y la adaptación de los sistemas modernos de transferencia de energía.

Para el año 2020, la intención es de extender esta Smart Grid, así como la construcción de 700 km de nuevas redes eléctricas compactas. Con lo cual se pretende reducir las tasas de duración y la frecuencia de interrupción por cliente, además de abastecer a los 650000 consumidores.

La prioridad es mejorar la oferta energética, a la par que las pérdidas técnicas tiendan a caer.

En el sector de Medición Inteligente CELESC puso en marcha, un proyecto enfocado a la aplicación de este sistema en la ciudad de Blumenau que tiene como objetivo servir a 3.670 consumidores en dicho municipio.

Este proyecto utiliza el PLC (*Power Line Comunicaciones*), cuya tecnología envía y recibe información a través de la red eléctrica de distribución. La información relativa al consumo se obtiene de forma remota. Los medidores instalados están conectados a un módulo de comunicación, que envía señales con información sobre el consumo de electricidad. Estas señales se envían a través de la red de distribución, llegan a la subestación de CELESC, en este lugar, un equipo especializado recibe y retransmite las señales a una central de control, la cual analiza los datos obtenidos.

El sistema de medición automática introduce muchas facilidades y beneficios para los usuarios, tales como: lectura y medición automática, conexión y desconexión remota de módulos de carga y reinicio automático después del corte.

Desde el punto de vista de la empresa, los beneficios que aporta, la

medición automática, es el levantamiento de la curva de carga en cada instante de tiempo, el registro automático de la potencia dejada de suministrar con fecha y hora de interrupción, además de que permite el monitoreo en tiempo real de la tensión en la red.

Argentina

Como parte del aporte a la integración de *Smart Grids*, en las áreas de Alta Tensión Energía Argentina S.A. (ENARSA) están implementando desde hace varios años acciones tendientes a obtener un monitoreo activo de los equipos asociados a la Subtransmisión.

El concepto de monitoreo activo, se refiere a sistemas y dispositivos capaces no solo de coleccionar datos, sino de evaluar los mismos estableciendo tendencias y acciones automáticas de aviso, previniendo respuestas de los equipos si estos no se mantienen en las condiciones registradas.

Con el objeto de dar un mayor impulso al cambio de modelo de generación Argentina, ENARSA ha implementado el Programa de Generación Distribuida creado para dar respuesta al reto que implica el desarrollo de las *Smart Grids* dentro del país argentino.

En el ámbito de transmisión, el monitoreo *on-line* consiste en vigilar todos los parámetros críticos de todo equipo cuya falla implicaría interrupción de servicio eléctrico. Para lo cual se ha implementado sistemas de telesupervisión y telecontrol en las redes de media y alta tensión, además de un sistema de lectura remota

Por otra parte, también se ha implementado un sistema de Monitoreo Inteligente centrado para el control de las Subestaciones.

Este sistema denominado SIMIS, es un software prototipo, por medio del cual se puede supervisar los Tableros primarios de media tensión, Servicios auxiliares, Transformadores y en vía de implementación los seccionadores de la subestación.

Por otra parte EDENOR ha implementado una serie de tecnologías cuyo horizonte es lograr una gestión inteligente de la red eléctrica,

entre las cuales se puede mencionar:

- Sistemas de Telecontrol y telesupervisión, de Subestaciones y redes de alto y medio voltaje.
- Telecontrol y telesupervisión de centros de transformación
- Telegestión de medidores
- Redes de telecomunicación

México

Las *Smart Grids* desarrolladas en el país mexicano, permiten incorporar tecnología digital en cada etapa generación, transmisión, distribución y consumo de energía.

Además, han facilitado la incorporación de las energías renovables a la matriz energética mexicana, ya que estas son capaces de modular los desequilibrios entre oferta y demanda de electricidad.

La compañía Mexicana de Energía Eléctrica, y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con el objetivo de supervisar y controlar parámetros eléctricos de la red eléctrica, está llevando a cabo un proyecto para mejorar el envío de datos generados desde la misma red, este proyecto usa tecnología wireless, para su respectivo envío hacia los centros de análisis.

Paralelamente, pero con el apoyo de *Free Wave Technologies*, se está desarrollando aplicaciones inalámbricas, con la finalidad de proporcionar datos referentes al consumo de energía, así como del control y vigilancia de las redes de distribución.

Como parte de las acciones necesarias para garantizar la seguridad, integridad y confiabilidad del servicio eléctrico, también se implementó una red de telecomunicaciones con fibra óptica instalada sobre la red troncal de potencia, cuyo principal objetivo es incrementar la seguridad del sistema eléctrico al permitir su operación en tiempo real, particularmente a través de los sistemas de tele-protección y tele-control.

En cuanto se refiere a infraestructura para medición avanzada de una

Smart Grids. La CFE en conjunto con *Elster Group*, ha seleccionado el proyecto *Energy Axis*, este proyecto da solución, al problema de la infraestructura de medición avanzada (AMI), que se requiere.

Para el efecto, ya se ha desplegado con éxito 9 sistemas de *Energy Axis* a lo largo de 14 de las 16 áreas de servicio de México. Este mismo sistema se está instalando en las ciudades densamente pobladas, como la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, haciendo de este el más grande sistema de *Smart Grids*.

Este proyecto piloto, servirá como punto de referencia para la evaluación de las ventajas de las tecnologías de *Smart Grids* para los posibles despliegues futuros.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IEE) ha trabajado en los últimos años en un programa que ayude al desarrollo de las *Smart Grids*; este programa integra un conjunto de actividades orientadas a realizar un control y uso eficiente sobre consumo de energía.

Entre las principales actividades sobre las cuales se ha estado trabajando son:

- Inversores fotovoltaicos
- Sistemas de gestión de energía para el hogar
- Infraestructura avanzada para medición
- Perfiles para las subestaciones de distribución bajo la norma IEC 61850
- Modelado de la distribución y análisis de la operación de la red
- Interoperabilidad

Estas actividades, son integradas con el fin de realizar un consumo eficiente de la energía, desde las mismas unidades de consumo.

La visión de futuro de la red inteligente es transformar radicalmente la manera de producir, distribuir y consumir energía eléctrica, ya que a través de ella se busca replicar la operatividad de la red de información cibernética en una gran red eléctrica de productores, distribuidores y consumidores que maximice la eficiencia energética en todas las etapas y niveles.

La tecnología de *Smart Grids* permite la existencia de una red eléctrica eficiente energéticamente, minimizando los costos y la inversión en los sistemas de generación, transporte y distribución de electricidad.

Por otro lado, la detección de pérdidas no técnicas, de energía, es uno de los puntos clave en que el uso de *Smart Grids*, en este aspecto, podría notoriamente marcar una gran diferencia. Como beneficios obtenidos por la implementación de estos proyectos se encuentran:

- La moderna red de distribución, opera autónomamente y efectúa una autoevaluación permanente.
- Da respuestas correctivas inmediatas ante fallas de la red.
- Menores consumos de energía, a nivel de usuarios.
- Para los consumidores, disminución en la factura del servicio de energía eléctrica.
- En las subestaciones se redujo los costos de operación y mantenimiento al igual que las pérdidas en la red de media y alta tensión.
- Se logró la Integración de los sistemas de comunicación.
- Con la Automatización de las redes media y alta tensión, se obtuvo un aumento en la confiabilidad del suministro de energía eléctrica, así como también, el aumento en la calidad en los puntos de conexión.
- Aliento a la microgeneración, con fuentes de energías renovables.

INTEGRACIÓN ELÉCTRICA REGIONAL

Como una estrategia para hacer frente a la dependencia de los combustibles fósiles, garantizar el suministro a menor costo y obtener beneficios económicos del comercio de energía, muchos países de la Región han optado por interconectar sus sistemas eléctricos de potencia, mediante líneas de transmisión transfronterizas.

Las interconexiones eléctricas internacionales, se han dado por lo general entre países vecinos donde las diferencias en sus capacidades de generación, la complementariedad de sus regímenes hidrológicos, tamaño de su mercado y diferencias en sus costos operativos han incentivado la integración y el comercio eléctrico.

En la actualidad, se pueden distinguir 4 subregiones eléctricamente interconectadas en América Latina y el Caribe: la primera, formada por México interconectado con América Central a través de Guatemala y Belice y la interconexión interna de América Central; una segunda subregión, la constituyen los países del área Andina, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú; la tercera subregión está definida por la interconexión entre Argentina y Chile; y la cuarta por los países del Merco Sur: Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. A estas 4 subregiones interconectadas, hay que agregar interconexión existente entre Venezuela y Brasil.

Figura No. 27 Interconexiones eléctricas en América del Sur



Fuente: CIER, 2010

Principales Interconexiones existentes y proyectos en ejecución

Interconexión eléctrica México – Guatemala

Fue inaugurada el 26 de octubre de 2009 y consiste en una red de transmisión de 103 km de longitud a 400 kV, de los cuales 32 están del lado mexicano y 71 km del lado guatemalteco. Une las subestaciones de “Tapachula” en México y “Los Brillantes en Guatemala”. Esta interconexión ha permitido la suscripción de un contrato de compraventa suscrito el 15 de septiembre de 2010, mediante el cual el INDE de Guatemala, compra a la CFE de México 120 MW de potencia firme, con la posibilidad de ampliar este rubro a 200 MW, aprovechando los excedentes de capacidad en México.

Proyecto de interconexión eléctrica de los países de América Central (SIEPAC)

Figura No. 28 Interconexiones eléctricas en América Central



Fuente: SIEE-OLADE, 2010

El proyecto SIEPAC, consiste en la integración eléctrica de 6 países de América Central: Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa

Rica y Panamá y la consolidación del Mercado Eléctrico Regional – MER, un ente supranacional, que será encargado de coordinar la generación, la transmisión y las transacciones de energía eléctrica en la subregión. Una línea de transmisión a 230 kV, de aproximadamente 1,790 km, conecta los sistemas nacionales de los 6 países mencionados, proporcionando una capacidad de transporte de energía de alrededor de 300 MW.

Para marzo de 2012, el 50% de la línea se encontraba ya en operación y según estimaciones de la Empresa Propietaria de la Red – EPR, el 90% de la línea estará energizada para fines de 2012 y entrará en plena operación a inicios del 2013.

Interconexión Ecuador - Colombia

Ecuador y Colombia se encuentran interconectados por dos líneas de transmisión: la primera a 138 kV que une las subestaciones de frontera de “Carchi” en Tulcán, Ecuador y “Panamericana” en Ipiales, Colombia. Esta línea tiene 15.5 km de longitud, 7.5 en el lado ecuatoriano y 8 km en el lado colombiano. La segunda línea a 230 kV, conecta las subestaciones de “Pomasqui” en Quito, Ecuador y “Jamondino” en Pasto, Colombia, con una longitud de 212.6 km, 137 km del lado ecuatoriano y 75.6 km del lado colombiano.

Interconexión Ecuador - Perú

Consiste en un enlace asincrónico de 230 kV que une las localidades de Machala en Ecuador y Zorrito en Perú con una capacidad de transmisión entre 80 y 100 MW. Aunque la línea está actualmente en condiciones operativas, se la utiliza solamente en situaciones de emergencia, debido a problemas de estabilidad de la red, sobretodo del lado peruano.

Interconexión Colombia - Venezuela

Colombia y Venezuela se encuentran interconectadas mediante 3 líneas de transmisión transfronterizas principales a través de las cuales, se realizan transacciones de emergencia, generalmente de importación de energía por parte de Venezuela. Estas líneas son:

- Cuestecita (Co) – Cuatricentenario (Ve) a 230 kV y 150 MW.
- San Mateo (Co) – El Corozo (Ve) a 230 kV y 150 MW.

- Tibú (Co) – LaFría (Ve) a 115 kV entre 36/80 MW.

Interconexiones de los países de Mercosur

Los países de Mercosur, Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay mantienen importantes vínculos eléctricos, tanto en lo que respecta a líneas de transmisión como a centrales hidroeléctricas binacionales. Es preciso mencionar que tras el ingreso de Venezuela como miembro activo del Mercosur a partir de julio de 2012, la línea de transmisión transfronteriza que comparte con Brasil, adquiere una gran importancia geopolítica. Por otra parte Chile, en su calidad de país asociado de este tratado comercial, se encuentra interconectado con Argentina mediante una línea de transmisión de 345 kV.

Tabla No. 7 Principales interconexiones eléctricas internacionales en Mercosur y Chile

Países	Localidades	Tensión (kV)	Capacidad (MW)	Estado	Frecuencia
Br-Ve	Boa Vista (Br) – El Gurí (Ve)	230/400	200	Operativa	(60Hz)
Br-Py	Salidas de Central Itaipú	500/220	12600	Operativa	(60/50Hz)
Br-Py	Foz de Iguazú (Br) – Acaray (Py)	138	50 /60	Operativa	(60/50Hz)
Ar-Py	El Dorado (Ar) – Mcal. A. López (Py)	132	30	Operativa	(50Hz)
Ar-Py	Clorinda (Ar) – Guarambaré (Py)	132/220	80	Operativa	(50Hz)
Ar-Py	Salidas de Central Yacretá	500/220	800/130	Operativa	(50Hz)
Ar-Br	Rincón S. M. (Ar) – Garabí (Br)	500	2000/2200	Operativa	(50/60Hz)
Ar-Br	P.de los Libres (Ar) – Uruguayana (Br)	132/230	50	Operativa	(50/60Hz)
Ar-Uy	Salto Grande (Ar) – Salto Grande(Uy)	500	1890	Operativa	(50Hz)
Ar-Uy	Concepción (Ar) – Paysandú (Uy)	132/150	100	Op.enemerg.	(50Hz)
Ar-Uy	Colonia Elia (Ar) – San Javier (Uy)	500	1000	Operativa	(50Hz)
Br-Uy	Livramento (Br) – Rivera (Uy)	230/150	70	Operativa	(60/50Hz)
Br-Uy	Pte. Médici (Br) – San Carlos (Uy)	500	500	En construc.	(60/50Hz)
Ar-Cl	C. T. Termo Andes (Ar) – Sub. Andes (Cl)	345	777	Operativa	(50Hz)

Fuente: CIER, 2011

Potencial de integración en América Latina y el Caribe

Además de las líneas ya existentes y los proyectos que se encuentran actualmente en ejecución, existen un importante número de proyectos de nuevas interconexiones entre los países de la Región, que de concretarse, podrían viabilizar una integración regional total, por lo

Tabla No. 8 Proyectos hidráulicos para la exportación de electricidad de Perú a Brasil

Proyecto hidroeléctrico	Potencia (MW)	Inversión (millones US\$)
Inambari	2,500	4,000
Paquizapango	838	1,310
Urubamba	735	1,200
Sumabeini	1,199	2,100
Cuqipampa	800	1,300
Vizcatán	750	1,200

Fuente: Ministerio de Energía y Minas Perú, 2012.

Proyecto de interconexión Perú – Chile:

Este proyecto es de vital importancia principalmente para Chile en su calidad de país importador de energía, no solamente por la posibilidad de obtener energía eléctrica proveniente del sistema peruano sino, también del sistema colombiano y ecuatoriano, una vez que se refuerce la interconexión entre Perú y Ecuador.

La principal dificultad que enfrenta esta interconexión es la actual debilidad del subsistema peruano en el área de la frontera sur, sin embargo, a mediano plazo, una vez se ejecute el plan de refuerzo de esta red a 500 kV y se implementen diferentes proyectos de generación tanto hidráulicos como térmicos a gas natural en esta zona, sería mucho más viable una interconexión que proporcione relevantes inyecciones de energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de Chile.

Figura No. 29 Posible Interconexión Perú – Chile



Fuente: Informe COES/D/DP-01-2012

Otros proyectos de interconexión internacional

Además de los proyectos mencionados anteriormente, se encuentran también en estudio, proyectos de refuerzo de diferentes circuitos existentes y nuevas líneas internacionales, como la interconexión entre Perú y Bolivia, entre Bolivia y Chile, interconexión del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema interconectado del Norte Grande (SING) de Chile a través de Argentina, entre otros.

POSIBLES SITIOS DE CONSULTA

<http://siee.olade.org/siee/default.asp>

<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-basica-de-la-generacion-distribuida-fenercom.pdf>

http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/10866/1/PFC_FJavier_Sepulveda_Gonzalez.pdf

http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1917_generacion_distribui?page=1

<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36609771>

<http://www.energiaysociedad.es/pdf/smartgrids.pdf>

<http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/sectorelectron>

http://www.cepal.org/drni/noticias/noticias/8/41128/RedesInteligentesLA_Esp.pdf

http://www.smartgrid.com.br/sg9_relatorio_portugues.pdf

<http://www.cidel2010.com/papers/PAPER-128-12052010.PDF>

http://caname.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=131&Itemid=127

<http://www.proyectomesoamerica.org/>

http://web.ing.puc.cl/~power/alumno12/intercreg/Informe_final_interconexion_electrica_regional_%28Canete_I.,Estrada_F.%29.pdf

http://www.aeselsalvador.com/images/documentos/06_inter_colombia_panama.pdf



PAISES MIEMBROS

América del Sur

Argentina
Brasil
Bolivia
Chile
Colombia
Ecuador
Paraguay
Perú
Uruguay
Venezuela

Caribe

Barbados
Cuba
Grenada
Guyana
Haití
Jamaica
Trinidad & Tobago
República Dominicana
Suriname

México y América Central

Belice
Costa Rica
El Salvador
Guatemala
Honduras
Nicaragua
Panamá
México

País participante

Argelia

Av. Mariscal Antonio José de Sucre
N58-63 y Fernández Salvador
Edificio **Olade**, Sector San Carlos
Casilla 17-11-6413
Quito - Ecuador

Tel. (593 2) 2598 122 / 2598 280
Fax (593 2) 2531 691

olade@olade.org
www.olade.org