

El complejo hidroeléctrico de Hidroaysen en la Patagonia chilena

The HidroAysén Hydroelectric complex in Chilean Patagonia

Antonio de las Casas Gómez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Madrid (España). antonio.delascasas@gmail.com

Resumen: El conocido como proyecto Hidroaysen consiste en la construcción de cinco centrales hidroeléctricas en los ríos Baker y Pascua en la Patagonia chilena, lo que aportará una potencia instalada de 2.750 MW, y una producción anual prevista de 18.430 GWh. La superficie ocupada por las cinco centrales es de 5.910 has lo cual supone una ocupación de 2,15 has/MW, cantidad mucho menor que la habitual en este tipo de proyectos. Para el traslado de la energía se prevé la construcción de una línea HVCD de 1912 km, 160 de los cuales submarinos. Tanto las centrales como una parte importante de la línea de transmisión discurren por zonas escasamente colonizadas y por tanto de un alto valor ecológico, por lo que el proyecto tiene que vencer la fuerte oposición de los grupos ecologistas.

Palabras Clave: Hidroaysen; Patagonia; Chile; Centrales hidroeléctricas; Energías Renovables

Abstract: The project known as Hidroaisen comprises the construction of five hydroelectric dams on the Baker and Pascua rivers in the Chilean Patagonia, with an installed capacity of 2.750 MW and the annual production expected is 18.430 GWh. The surface area occupied by the five plants is 5910 has, hence the occupancy is of 2.15ha/MW, far less than the usual for these type of projects. To transport the energy the construction of a HVCD line of 1.912 km, including 160 under the sea, is expected. Both the power plant and an important part of the transmission line go through sparsely populated areas which have a high ecological value. For this reason the project will have to overcome strong opposition from environmental groups.

Keywords: Hidroaysen; Patagonia; Chile; Hydroelectric Power; Renewable Energies

1. Sector eléctrico en Chile

A abril de 2010, el sector eléctrico cuenta con 14.94 GW de capacidad instalada. Éste se basa principalmente en la generación termoeléctrica (64,9%) e hidráulica (34%), además de cerca de un 1% de centrales eólicas. Producto de los cortes de gas que enfrentó a partir de 2004, inició la construcción de dos terminales regasificadores de GNL para permitir la importación de gas natural mediante barcos.

La exitosa reforma del sector eléctrico de Chile, que sirvió como modelo para otros países, se llevó a cabo en la primera mitad de la década de los 80. La desagregación vertical y horizontal de la generación, transmisión y distribución, y la privatización a gran escala, condujo al aumento de la inversión privada.

1.1. Capacidad instalada

Hay cuatro sistemas de electricidad independientes en Chile: el Sistema Interconectado Central, (SIC), el

1. The electricity sector in Chile

As of April 2010, the electricity sector in Chile had an installed capacity of 14.94 GW. This is primarily based on thermal (64.9%) and hydropower generation (34%), in addition to nigh on 1% produced by wind power. As a result of gas cuts in 2004, work was started on the construction of two liquefied natural gas re-gasification plants to allow the import of shipped natural gas.

The successful reform of the electricity sector in Chile was carried out in the first half of the 80's and served as a model for other countries and where the vertical and horizontal unbundling of generation, transmission and distribution together with large-scale privatization, all led to an increase in private investment.

1.1. Installed capacity

There are four separate electricity systems in Chile: the Central Interconnected System (SIC, Sistema Interconectado Central), which serves the central part

cual provee a la parte central del país (75,8% de la capacidad total instalada y el 93% de la población); el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), el cual provee a las regiones de explotación minera del desierto del norte (23,2% de la capacidad total instalada) y los sistemas de Aysen (0,3% de la capacidad total) y Magallanes (0,6% de la capacidad total), los cuales proveen a las pequeñas áreas del extremo sur del país. Las grandes distancias que existen entre los cuatro sistemas hacen que sea difícil la integración.

A abril de 2010, la capacidad total instalada nominal alcanzaba 14.940 MW. Del total de la misma 10.346 MW corresponden a la generación térmica, 5.426 MW a la generación hidroeléctrica y 167 MW a la generación eólica. No hay generación de origen nuclear. La generación total en 2008 fue de 58,7 TWh, el 59,0% del cual fue aportado por las fuentes térmicas, 40,9% por las fuentes hidráulicas y 0,1% correspondió a energía eólica. Esto corresponde a algo más de 3.400 kWh per cápita.

Actualmente la tecnología dominante en la expansión del sistema son las centrales térmicas a carbón, las que aumentarán significativamente su participación en la matriz energética chilena, con proyectos por 11.852 MW a abril de 2010. Le siguen en importancia las centrales hidráulicas proyectadas, que a abril de 2010 sumaban 10.338 MW. Las centrales eólicas sumaban a la misma fecha 2.497 MW, y las centrales geotérmicas 270 MW.

Las pérdidas en distribución en 2005 fueron de 6,52%, una cifra inferior al 8% de la década anterior y bastante menor al promedio de ALyC de 13,5%.

La dependencia exterior de Chile en el campo de la energía es muy grande, el 72% de la energía es importada. (1)

La economía de Chile está en franco crecimiento por lo que Comisión Nacional de Energía considera que para 2020 se duplicará el consumo y se multiplicará por 3 para 2030, por lo tanto el aumento de la capacidad generadora de electricidad no puede considerarse un tema menor. Con el desarrollo tecnológico actual, excluida de momento la utilización de energía nuclear, cuyo desarrollo, en caso de optarse por este camino, aún llevaría bastantes años, solamente puede producirse con un mayor aprovechamiento de la energía hidroeléctrica y con la instalación de plantas térmicas. Las más eficientes entre ellas, las que utilizan gas, deben recurrir a un combustible importado por tanto sujeto a una gran variación de los precios, que eventualmente

of the country (75.8% of the total installed capacity and 93% of the population); the Large Northern Interconnected System (SING Sistema Interconectado del Norte Grande), which serves the desert mining regions in the North (23.3% of the total installed capacity; and the Aysen (0.3% of total capacity) and Magallanes (0.6% of total capacity) systems, which serve small areas of the extreme southern part of the country. The long distances existing among the four systems make integration difficult.

As at April 2010 the nominal total installed capacity was 14,940 MW, of which 10,346 MW corresponded to thermal generation, 5,425 MW to hydroelectricity and 167 MW to wind power. There is no nuclear generated power. The total generation in 2008 was 58.7 TWh, 59% of which was produced by thermal sources, 40.9% by hydropower and the remaining 0.1% by wind power. This corresponding to just over 3,400 kWh per capita.

At present, the prevailing technology considered for the expansion of the system is that of coal-fired thermal plants, which will take a significant share in the Chilean energy system following plans to build new plants for a total of 11,852 MW as of April 2010. These are followed, in terms of importance, by the hydroelectric plants which at April 2010 amounted to 10,388 MW. At this same time, wind power plants amounted to 2,497 MW and geothermal plants to 270 MW.

Distribution losses in 2005 were 6.52%, down from 8% a decade before and well below the 13.5% LAC average.

Chile's depends very heavily on foreign imports for energy and from where it gains 72% of all its energy. (1)

The Chilean economy is undergoing rapid growth and the National Energy Commission consider that the country will double consumption by 2020 and triple consumption by 2030 and this growth will have to be matched by an urgent increase in the country's electricity generating capacity. In view of current technological development, when excluding nuclear power for the time being on account of the excessive time required to develop this form of power even if were to be considered, this response may only be met by the greater development of hydropower and the installation of thermal plants. The most efficient of these plants, gas-fired plants, have to resort to imported fuel. This fuel is subject to large price variations and uncertain supply from the neighbouring countries of Argentina and Bolivia and appears to be a very complicated option in both cases. This was demonstrated in the crisis of 2004 when Argentina unilaterally stopped the service in spite of the

podría llegar de los países vecinos, Argentina y Bolivia, lo que en ambos casos resulta sumamente dificultoso, como se puso de manifiesto en la crisis del 2004, cuando el primero de ellos de forma unilateral interrumpió el servicio a pesar de los contratos firmados. Por tanto la única posibilidad es recurrir a centrales de carbón que si puede ser de origen nacional, pero que supone unas centrales mucho más contaminantes.

1.2. La regulación legal

La Comisión Nacional de Energía (CNE), creada en 1978 para recomendar estrategias a largo plazo, es responsable de asesorar al Ministro de Economía con respecto a la política de electricidad y de establecer tarifas reguladas de distribución. La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) es la responsable de supervisar que se cumplan las leyes, regulaciones y estándares técnicos para la generación, producción, almacenamiento, transporte y distribución de los combustibles líquidos, del gas y de la electricidad. A su vez, el Ministro de Energía impone formalmente las tarifas reguladas y controla el dictado de decretos de racionamiento durante los períodos de sequía en los que disminuye la capacidad de generación de energía hidroeléctrica. Otras responsabilidades del sector eléctrico están a cargo de la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), la cual se encarga de fijar impuestos, y también directamente de las regiones y municipalidades.

Chile representa la reforma eléctrica integral más grande del mundo puesta en marcha luego de la Segunda Guerra Mundial. La reforma se rigió por la Ley General de Servicios Eléctricos de 1982, que aún es la ley regulatoria más importante de la organización del sector eléctrico del país. La reforma fue diseñada de acuerdo con los modelos del Reino Unido, Francia y Bélgica, y comenzó con la desagregación de la generación, transmisión y distribución en 1981. La reforma todavía es ampliamente considerada como un ejemplo exitoso de reforma eléctrica en un país en vías de desarrollo y se usa como modelo para otras privatizaciones en América Latina y en todo el mundo. Los altos niveles de inversión que se han logrado desde 1982 han permitido la expansión del Sistema Interconectado Central (SIC) de 2.713 a 12.075 MW y del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) desde 428 hasta 3.716 MW entre 1982 y 2010. Durante los últimos 20 años ha habido varios intentos de modificar la *Ley General de Servicios*

contracts in place. The only possibility is then to resort to coal-fired plants which, in this case, may be national, but which imply the use of power plants which are far more polluting than the other options.

1.2. Legal regulation

The National Energy Commission (CNE), created in 1978 to recommend long-term strategies, is responsible for advising the Minister of Economy on electricity policy and for establishing regulated distribution rates. The Electricity and Fuel Superintendence (SEC) is responsible for overseeing compliance with laws, regulations and technical standards for the generation, production, storage, transport and distribution of liquid fuels, gas and electricity. The Minister of Energy, in turn, formally imposes the regulated rates and controls the implementation of energy rationing decrees during drought periods where there is a fall in the hydroelectric generating capacity. Further responsibilities are held by the Chilean Insurance and Securities Commission (SVS), which is in charge of taxation, as well as directly by the regions and municipalities.

*Chile represents the world's longest running comprehensive electricity reform in the post-World War II period. The reform was led by the 1982 Electricity Act, which is still the most important law regulating the organization of the electricity sector in the country. The reform was designed based on the models of the United Kingdom, France and Belgium and started with the unbundling of generation, transmission and distribution in 1981. The reform is still widely regarded as a successful example of electricity reform in a developing country and has been used as a model for other privatizations in Latin America and around the world. The high levels of investment that have been attained since 1982 have enabled the expansion of the Central Interconnected System (SIC) from 2,713 to 12,075 MW and of the Northern Interconnected System (SING) from 428 up to 3,716 MW between 1982 and 2010. There have been various attempts over the last 20 years to modify the 1982 Electricity Act (*Ley General de Servicios Eléctricos*) with the purpose of adjusting to developments in the sector. (2)*

1.3. Generation, transmission and distribution

As a result of the 1982 reform of the electricity sector, all generation, transmission and distribution activities in

Eléctricos de 1982 con el propósito de adaptarla al desarrollo del sector. (2)

1.3. Generación, transmisión y distribución

Desde la privatización del sector eléctrico chileno en 1980, todas las actividades de generación, transmisión y distribución han permanecido en manos privadas. 26 compañías participan de la producción, aunque tres grupos económicos controlan el sector: Grupo Endesa, AES Gener y Tractebel (Colbún). La situación es similar en el sector de la distribución, con 36 compañías, entre las cuales los grupos económicos más relevantes son Enersis, relacionado con Endesa e incluye a Chilectra; el norteamericano PP&L; Semptra-PSEG y otros grupos. En la transmisión, hay 5 actores: en el Sistema Interconectado Central (SIC), el actor más importante es Transelec, una compañía dedicada exclusivamente a la transmisión que controla la red completa que provee al SIC. En los otros sistemas interconectados, las grandes compañías de generación y los grandes clientes son los propietarios de los sistemas de transmisión.

El SIC provee principalmente a usuarios residenciales, mientras que el SING provee en su mayoría a grandes clientes industriales, sobre todo a los intereses mineros de las regiones del norte de Chile. La compañía generadora más grande en el SING es Electroandina, propiedad de Tractebel y Codelco, la empresa nacional del cobre.

1.4. La energía hidroeléctrica

Históricamente, las plantas hidroeléctricas han sido la mayor fuente de energía de Chile. Sin embargo, las sequías periódicas provocaban deficiencias y apagones, lo que impulsó al gobierno a aumentar la diversificación de la matriz de energía del país en la década de los 90, principalmente incorporando plantas térmicas a gas natural. Las restricciones de gas que impuso Argentina a partir de 2004 condicionaron este desarrollo, con lo que comenzaron a ponerse en funcionamiento centrales térmicas a carbón que entraron al sistema a pesar de ser mucho más contaminantes. No obstante, los proyectos de energía hidráulica continuaron ejecutándose. El mejor ejemplo es la planta Ralco de Endesa de 570 MW, ampliada posteriormente a 690 MW sobre el río Biobío, la planta de energía más grande de Chile.

Chile are in the hands of private companies. 26 companies participate in production, though three groups control the sector: the Endesa group; AES Gener and Tractebel (Colbún). The situation is similar in the distribution sector, with 36 companies, and dominated by Enersis, in association with Endesa and incorporating Chilectra; the US company PP&L; Semptra-PSEG and other groups. In terms of transmission, there are 5 players. In the Central Interconnected System (SIC), the most important player is Transelec, a company purely dedicated to transmission and controlling almost the entire transmission grid serving the SIC. In the other interconnected systems, the large generation companies and large clients are the owners of the transmission systems.

The Central Interconnected System (SIC) principally serves household consumers, while the "Large North" Interconnected System (SING) mostly serves large industrial customers, primarily mining interests in Chile's northern regions. The largest generating company in the SING is Electroandina, owned by Tractebel and Codelco, the national copper corporation.

1.4. Hydroelectric energy

Historically, hydroelectric plants have been the largest power source in Chile. However, periodical droughts caused supply shortfalls and blackouts which led the government to increase diversification in the country's energy mix in the 1990s, mainly through the addition of natural-gas fired power plants. The gas restrictions imposed by Argentina as from 2004 made it necessary to review this development and coal-fired thermal power plants were brought into the system in spite of being far more polluting. Nevertheless, hydropower projects continued to be carried out, with Endesa's 570 MW Ralco plant, on the Biobio River, being the best example and the largest power plant in Chile.

In recent years there has been increased interest in the country's geothermal potential. In 2006 and following prospecting work, a consortium formed by the National Petroleum Company (ENAP) and Enel requested a concession to develop the geothermal resources in the El Tatio region in northern Chile. However, an incident during the drilling work led to a leak and generated widespread controversy, as a result of which geothermal production is not currently met with much favour in Chile. (3)(6)

En los últimos años se ha incrementado el interés en el potencial geotérmico del país. En 2006, luego de una campaña de prospección, un consorcio formado por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y Enel solicitó una concesión para desarrollar los recursos geotérmicos en la región El Tatio, en el norte chileno. Sin embargo, un incidente durante las perforaciones, que causó una fuga, generó gran controversia, con lo que la geotermia actualmente no goza de mucha popularidad en Chile. (3) (6)

2. El proyecto Hidroaysen

2.1. Los ríos Baker y Pascua

Los ríos Baker y Pascua fueron explorados en 1892, por encargo del Perito en la Comisión Chilena de Límites, Diego Barros Arana.

El río Baker discurre por la zona sur de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La cuenca es un territorio excepcional por la heterogeneidad, singularidad, calidad ambiental, importancia social y territorial de los sistemas acuáticos que lo constituyen. Fue bautizado con este nombre en honor del Almirante Sir Thomas Baker, Jefe de la Escuadra Inglesa en el Pacífico Sur.

Nace en el extremo meridional del lago Bertrand, en el suroeste del lago General Carrera, segundo más grande de Sudamérica. Tiene una longitud total de 370 km contando el río Fénix Chico tributario del lago, y 175 km desde éste hasta el mar. Posee un régimen pluvio-nival, en el que las mayores crecidas se producen durante los meses de verano, producto del derretimiento de los glaciares que lo alimentan, el denominado Campo de Hielo Norte. Su cuenca hidrográfica, con 26.726 km², es la segunda más extensa del país. En ella se cultivan productos que entre los meses de octubre y marzo se riegan de manera artificial. Presenta, además, junto con el curso fluvial del Biobío, el mayor caudal a nivel nacional, lo que le convierte en el principal potencial hidroeléctrico de Chile. Entre sus afluentes destacan los ríos Nef, Chacabuco, Cochrane, Del Salto, Colonia, Los Ñadis, Ventisquero y Vargas. En su desembocadura forma un delta con dos brazos principales, de los cuales sólo el norte es navegable.

Sufre frecuentes inundaciones naturales, producto del colapso de los campos de hielo y glaciares que lo

2. The HydroAysén Project

2.1. The Baker and Pascua Rivers

The Baker and Pascua rivers were explored in 1892 at the request of Diego Barros Arana, a senior member of the Chilean Boundary Commission.

The Baker River passes through the southern part of the Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo region. The basin is an exceptional territory on account of the heterogeneity, singularity, environmental quality and social and territorial importance of the river systems making up the same. The river was named in honour of Rear-Admiral Sir Thomas Baker, commander-in-chief of the South American station in the South Pacific.

The river flows out of the southern end of Lake Bertrand, set to the southwest of the General Carrera Lake, the second largest lake in South America. The river runs a total length of 370 km when including the Fénix Chico tributary to the lake, and 175 km from this point to the sea. The river has a rain-snow (pluvio-nival) regime, in which the largest freshets occur during the summer months, following the melting of the glaciers feeding the river in the North Patagonian Icefield. The hydrographic basin, extending over 26,726 km², is the second largest in the country. The produce from the basin's farmlands is artificially irrigated over the months of October and March. This river, along with the Biobio river, has the greatest water flow in Chile and is one with the greatest hydroelectric potential in the country. The river's major tributaries are the Nef, Chacabuco, Cochrane, Del Salto, Colonia, Los Ñadis, Ventisquero and Vargas rivers. The river forms a delta, dividing into two major arms, of which only the northernmost one is navigable.

The basin suffers frequent natural flooding as a result of the collapse of the icefields and glaciers feeding the same (in a phenomenon known as glacial lake outburst flood (GLOF)), creating a permanent risk for the population inhabiting the area.

The Pascua River is located in the Capitán Prat province of the Aysen Region. In spite of the short length off the river, its drainage basin is the seventh largest in the country due to the great size of its source, the O'Higgins/San Martín Lake.

The river starts from the northwest arm of the O'Higgins Lake in the form of a small stream, in an area surrounded by steep-sided mountains of over 1,000 metres that are splintered by deep ravines and glaciers that spill down to the lake or river. The river flows swiftly

alimentan (fenómeno conocido como GLOF, generando un riesgo permanente para la población que lo habita).

El río Pascua, está ubicado en la provincia Capitán Prat, en la Región de Aysén. A pesar de ser un río de corto tamaño, su *cuenca hidrográfica* es la séptima de mayor importancia en el país debido al gran tamaño del lago O'Higgins/San Martín, donde se origina.

Nace en el brazo noroccidental del lago O'Higgins en forma de pequeño torrente, en una zona rodeada de cerros de más de 1.000 metros de altura, los cuales poseen profundas cañadas con *ventisqueros* que desaguan al lago o al río. Corre a gran velocidad formando diversos rápidos hasta formar una *cascada* al caer al lago Chico. Al salir de dicho lago, el río toma una nueva cascada y sigue a alta velocidad, lo que impide cualquier tipo de *navegación* sobre sus aguas. El río Quiroz, nacido del glaciar homónimo, desemboca por la ribera izquierda del río, lo que permite el ensanchamiento del mismo en un valle de cerca de 10 kilómetros de ancho, permitiendo la aparición de grandes meandros y algunas zonas pantanosas y turbosas. Tras 67 kilómetros de recorrido, el río Pascua desemboca en un amplio delta en el fiordo Calén, luego de una última zona de rápidos.

Debido a sus condiciones hidrográficas, el río Pascua tiene un potencial hídrico de gran importancia. La cuenca del río Pascua es una de las zonas menos exploradas de la patagonia chilena, por lo que su entorno prácticamente no ha sufrido los efectos de la actividad humana, significando esto que es refugio de grandes extensiones de flora nativa y de fauna, destacando la presencia del huemul.

Ambos ríos se caracterizan por presentar caudales abundantes y de baja variación, si se los compara con otros ríos de la zona central de Chile y por presentar sus mayores caudales cuando los ríos de la zona central, por la ausencia de lluvias y nieve, presentan sus niveles más bajos. Es decir, constituyen un recurso complementario a los que hoy se aprovechan en la zona central.

2.2. El aprovechamiento hidroeléctrico Hidroaysen

El potencial hidroeléctrico total de la región se estima en 8.000 MW de los cuales el proyecto actual aprovecharía alrededor del 30%.

Cincuenta años después de ser conocidos, en la década de los 40, el Estado de Chile comienza a realizar exploraciones con el objetivo específico de co-



Fig. 1. El río Baker/Baker River.

forming various rapids before creating a cascade at the point where it falls into the Chico Lake. After leaving this lake, the river forms a new cascade before continuing rapidly and preventing any type of navigation on its waters. The river is then joined on its left bank by the Quiroz River, coming from the glacier of the same name, which widens the river bed within a valley some 10 kilometres wide and leads to the appearance of large meanders and some marshy and peaty zones. After 67 km, the Pascua River ends in a wide delta that empties into the Calén Inlet, after passing through one final section of rapids.

On account of its hydrographic conditions, the Pascua River has very great hydric potential. The basin of the Pascua River is set in one of the most unexplored areas of Chilean Patagonia and its surroundings have practically remained untouched by human hand, making this a vast refuge of natural flora and fauna and particularly the rare species of Patagonian deer, known as the huemul.

Both rivers are noted for their abundant flows and low variation when compared with other rivers in the central part of Chile and on having greater flows at a time when the rivers in the central area are at their lowest levels due to the absence of rain and snow. These rivers then serve as a supplementary resource to those currently developed in the central area.

2.2. The HidroAysén hydroelectric development

The total hydroelectric potential of the region is estimated at 8,000 MW and the current project would develop around 30% of this.

In the 1940's and fifty years after the rivers were first traced, the Chilean state began to carry out explorations

nocer los recursos hidroeléctricos. A partir de 1974 se realizan nuevas exploraciones que finalizan en un estudio de prefactibilidad. En 1976, por encargo del gobierno, la Agencia de Cooperación Internacional del gobierno japonés, emite un informe y dieciséis años después, la empresa de ingeniería Ingendesa, a solicitud del consorcio Endesa-Comalco-Marubeni, vuelve a estudiar el potencial de los ríos. En 1998 se actualiza el estudio de factibilidad concluyendo que los ríos Baker y Pascua poseen un potencial hidroeléctrico desarrollable de unos 2.800 MW, considerando dos centrales en el Baker y otras dos en el Pascua, que poco después pasan a ser 2 y cuatro con una potencia conjunta de 2.400 MW. A fines de 2004, Endesa Chile inicia un nuevo proceso de actualización y rediseño de los aprovechamientos hidroeléctricos de las cuencas de ambos ríos con la incorporación de nuevas tecnologías y criterios de diseño con mayores exigencias ambientales y sociales, dando inicio al que se ha denominado "Proyecto Hidroeléctrico Aysén". En 2006 se constituye la sociedad anónima "Centrales Hidroeléctricas de Aysén S.A." cuyas acciones se reparten un 49% para Colbún y el 51% restante para Endesa Chile.

2.3. Descripción del Proyecto

Las centrales tendrán una capacidad de generación media anual de 18.430 GWh, lo que equivale al 35% del consumo de Chile del año 2008.

La superficie total de los embalses, considerando las cinco centrales hidroeléctricas, será de 5.910 hectáreas, equivalentes al 0,05% de la Región cuya superficie total es de 108.494 km². Para generar la misma energía con centrales eólicas serían necesarias 90.000/100.000 has y con energía solar 160.000/180.000 has. Igualmente es significativa la comparación con los grandes conjuntos hidroeléctricos existentes en otros países.

2.4. Obras de Infraestructura

Para la construcción y operación del Proyecto HidroAysén se requiere mejorar la actual infraestructura en la zona del proyecto y construir nuevas obras, tanto permanentes como temporales, que permitan - en forma expedita y segura - realizar la construcción de las centrales y su posterior operación. Para tales efectos, se han considerado las siguientes obras principales:

with a view to discovering the area's hydroelectric resources. Further explorations were conducted as from 1974 which concluded with a pre-feasibility study. In 1976, at the request of the Chilean government, the Japanese International Cooperation Agency issued a report and sixteen years later the Ingendesa engineering company were commissioned by the Endesa-Comalco-Marubeni consortium to conduct a further study of the potential of the rivers. The feasibility study was updated in 1998 and it was concluded that the Baker and Pascua rivers had a usable power potential of some 2,800 MW, when considering two plants on the Baker and a further two on the Pascua, that would shortly afterwards rise to two and four respectively with a combined potential of 2,400 MW. At the end of 2004, Endesa Chile started up a new process of modernizing and redesigning the hydroelectric developments in the basins of both rivers with the incorporation of new technologies and stricter environmental and social oriented design criteria. This then giving rise to the "Aysén Hydroelectric Project" as we know it today. The company "Centrales Hidroeléctricas de Aysén S.A" was established in 2006, with Colbún holding a 49% stake and Endesa Chile the remaining 51%.

2.3. Description of the Project

The plants will have an average annual production capacity of 18,430 GWh, this being equal to 35% of Chile's consumption for 2008.

The total reservoir area of the five hydroelectric plants will be of 5,910 hectares, this amounting to 0.05% of the Aysén Region, which has a total surface area of 108,494 km². In order to generate the same energy with wind plants it would be necessary to occupy 90,000 / 100,000 Ha and with solar energy 160,000/180,000. This factor is also of significance when comparing the areas occupied by large hydroelectric complexes in other countries.

2.4. Infrastructure works

The current infrastructure in the project area must be improved for the construction and operation of the HidroAysén Project and new temporary or permanent works need to be built to allow the safe and efficient construction of the plants and their subsequent operation. To this effect, the following main works have been considered:

Obras permanentes:

- **Mejoramiento y construcción de caminos:** Se realizará el mejoramiento de 187 km de la Ruta 7, con aumento del ancho, eliminación de curvas cerradas y pendientes fuertes, control de taludes y construcción de defensas fluviales. Los caminos nuevos son fundamentalmente de acceso a las obras.
- **Infraestructura portuaria:** Para el ingreso de los insumos, materiales y maquinarias del proyecto, se contempla la construcción de un muelle de 100 metros de longitud, en Puerto Yungay, que permitirá operar con buques de hasta 9 metros de calado, una nueva rampa en Puerto Yungay, una segunda rampa, en el sector de Puerto Río Bravo y la habilitación de un servicio de barcaza exclusivo para las actividades del proyecto en el fiordo Mitchell.
- **Relleno Sanitario:** Para el depósito de los residuos domésticos, se considera la construcción y operación de un relleno sanitario, ubicado a 4.5 km al sur de Cochrane.
- **Telecomunicaciones:** Para la comunicación en la zona del proyecto, se habilitará un sistema de comunicación VHF, con radio-estaciones, con capacidad para canales de voz y un canal de datos para enlace de comunicaciones para GPS.
- **Abastecimiento eléctrico de faenas:** El abastecimiento eléctrico requerido para la construcción de las centrales se realizará mediante un sistema integral, que considera la participación de grupos electrógenos en los distintos lugares de las obras y la construcción de una central hidroeléctrica con una capacidad de 14 MW.
- **Instalaciones en Cochrane:** Construcción y habilitación de oficinas y 40 viviendas en la localidad de Cochrane.

Obras de apoyo temporales:

- Instalación de faenas y campamentos
- Caminos temporales
- Yacimientos para extracción de áridos
- Plantas de áridos y de hormigón
- Escombreras
- Estaciones de paso en la Ruta 7, entre Cochrane y Puerto Yungay
- Centro Médico en Cochrane

Permanent Works:

- **Road improvement and construction:** Improvement is required for 187 km of Route 7, increasing the road width, eliminating tight bends and steep inclines, controlling embankments and building river defences. New roads will primarily be in the form of site access roads.
- **Port infrastructure:** A 100-meter-long quay will be constructed at the Port of Yungay to allow the delivery of supplies, materials and machinery for the project, and allowing the operation of vessels up to 9-metre draught. A new slipway is to be built at the Port of Yungay and there are plans to build a second one in the Río Bravo Port sector. A barge service will also be introduced on the Mitchell Fjord for project-related activities.
- **Landfill:** There are plans to build a landfill for domestic waste disposal, 4.5 km to the south of Cochrane.
- **Telecommunications:** A VHF communication system will be installed to allow communication in the project area, consisting of radio stations with capacity for voice channels and a data channel for GPS link up.
- **Site electricity supply:** The electricity required for the construction of the plants will be supplied by an integrated system consisting of power generators distributed over the site and the construction of a 14 MW hydroelectric power station.
- **Cochrane Facilities:** Offices and 40 homes will be constructed and furnished in Cochrane.

Fig. 2.
Rápidos/Rapids.



Cuadro descriptivo de las centrales/Description of plants						
CENTRAL PLANT	EMPLAZAMIENTO LOCATION	SUPER. AREA (ha)	ENERGÍA ENERGY (GWh)	POTENCIA ANUAL ANNUAL POWER (MW)	ALTURA HEIGHT (m)	CAUDAL MURO WALL FLOW (m³/s)
Baker 1	1 km aguas arriba de la confluencia con río Chacabuco <i>1 km upstream of the confluence with the Chacabuco River</i>	710	4.420	660	102	927
Baker 2	2 km aguas arriba de la confluencia con río Saltón <i>2 km upstream of the confluence with the Saltón River</i>	3.600	2.540	360	40	1.275
Pascua 1	1,2 km aguas arriba de la confluencia con desagüe Lago Gabriel Quirós <i>1.2 km upstream of the confluence with the outlet of the Gabriel Quirós Lake</i>	500	3.020	460	69	880
Pascua 2.1	8 km aguas arriba del sector San Vicente <i>8 km upstream of the San Vicente sector</i>	990	5.110	770	114	980
Pascua 2.2	4 km aguas arriba de la confluencia con desagüe Lago Quetru <i>4 km upstream of the confluence with the outlet of Lake Quetru</i>	110	3.340	500	79	980
		5.910	18.430	2.750		

2.5. Coste del proyecto

La construcción de las centrales supondrá una inversión cercana a los US\$ 3.200 millones, para aportar 2.750 MW al SIC, que se extiende entre la Tercera y Décima región del país y donde vive más del 90% de los chilenos.

3. Los sistemas de enlace y transmisión

3.1. El Sistema de enlace

La energía generada por las cinco centrales del Complejo Hidroeléctrico Aysén será conducida por un

Temporary support works:

- Site-works facilities
- temporary Roads
- Deposits for aggregate extraction
- Aggregate and concrete plants
- Dumps
- Way Stations on Route 7, between Cochrane and the Port of Yungay
- Medical Centre in Cochrane

2.5. Cost of the project

The construction of the plants will require an investment of nigh on US\$ 3,200 million, to provide 2,750

Comparación con otras centrales eléctricas/Comparison with other countries				
	Potencia Power (MW)	Producción anual Annual production (GWh)	Superficie Surface area (has)	Eficiencia Efficiency (has/MW)
Tres Gargantas (China)/Three Gorges (China)	22.500	368.000	104.500	4,65
Itaipu (Brasil-Paraguay)/(Brazil-Paraguay)	14.000	93.400	140.000	10,00
Guri (Venezuela)/(Venezuela)	10.235	47.000	425.000	41,50
Tucuruí (Brasil)/(Brazil)	8.370	21.000	301.000	36,00
Salto del Duero (España-Portugal)/(Spain-Portugal)	2.686	1.200	15.896	5,90
Hidroaysen (Chile)/HidroAysen (Chile)	2.750	18.430	5.910	2,15

sistema de enlace de transmisión eléctrica de corriente alterna hasta una estación conversora a corriente continua, la cual está proyectada en las cercanías de la central Baker 1 y será el punto de partida de la línea que llevará la energía hacia el Sistema Interconectado Central (SIC).

El trazado del sistema de enlace inicia su recorrido en la central Pascua 1, pasando por las centrales Pascua 2.1 y Pascua 2.2, para luego, cruzar el valle del río Bravo y seguir hacia el valle de la laguna Balboa. En su recorrido pasará por las cercanías del lago Vargas y cruzará el río Barrancoso, para continuar hasta un punto cercano a la confluencia de los ríos Los Ñadis y Baker. En ese lugar se emplazará la subestación Los Ñadis, la cual permitirá inyectar la energía generada por la central Baker 2 al sistema de enlace.

A partir de la subestación Los Ñadis, el sistema de enlace sigue su recorrido hacia el nororiente, cruzando el río Baker y finalizando su recorrido en las cercanías de la central Baker 1.

3.2. Sistema de transmisión

Es la línea de transmisión de electricidad desde la estación conversora a corriente continua situada junto a la central Baker 1, final de la línea de enlace, hasta la zona de consumo en el SIC que supondrá una línea cercana a los 1.912 km.

El diseño de la ruta que seguirá la línea de transmisión HVDC (Alta Tensión en Corriente Continua) para conectar las centrales hidroeléctricas con el SIC presenta, a finales de 2010, un avance de 85%, existiendo aún siete puntos complicados de la línea, que atravesará complejas zonas geográficas antes de llegar a Santiago.

Las principales ventajas e inconvenientes de los sistemas HVDC frente a la transmisión en corriente alterna son:

- Existe disponible tecnología para realizar tramos submarinos, lo cual no existe con las líneas de corriente alterna.
- Mínimas pérdidas en líneas de transporte.
- Posibilidad del control total de potencia activa.
- Corredor de paso menor en líneas en corriente continua comparado con la misma potencia en corriente alterna. Este pasa de 200 a 70 m.
- Menor magnitud del efecto corona.

MW to the Central Interconnected System (SIC), which extends between the Third and Tenth regions of the country, in an area encompassing 90% of the population.

3. Interconnection and transmission systems

3.1. The interconnection system

The energy generated by the five power plants at the Aysén Hydroelectric Complex will be conducted by a power transmission link system to a direct current converter station located in the vicinity of the Baker 1 power plant. This will be the starting point for the power line taking the energy to the Central Interconnected System (SIC).

The link system starts off from the Pascua 1 plant and passes through the Pascua 2.1 and Pascua 2.2 power plants before crossing the Bravo River valley and continuing on to the Balboa lagoon valley. The link will pass by the Vargas lake, cross the Barrancoso river and reach a point near to the confluence of the Los Ñadis and Baker rivers at the location of the Los Ñadis substation and where the energy from the Baker 2 power plant will be brought into the link system.

From the Los Ñadis sub-station, the link system moves northeast, crossing the Baker river and ending up in the area of the Baker 1 power plant.

3.2. Transmission System

The electricity transmission line from the direct current converter station set alongside the Baker 1 power plant, at the end of the link line, will run almost 1,912 km to the customer area within the Central Interconnected System (SIC).

The design of the route to be followed by the High Voltage Direct Current (HVDC) transmission line connecting the hydroelectric plants to the SIC, was 85% complete by the end of 2010, there still remaining seven complicated points of the line where this crosses complex geographical areas before reaching Santiago.

The main advantages and disadvantages of HVDC over alternating current are:

- HVDC technology may be used for submarine cable sections, while this is not possible with AC.

Principales características técnicas del sistema de enlace/Main technical characteristics of the link system

Tensión nominal/Rated voltage	500 kV
Frecuencia/Frequency	50 Hz
Longitud aproximada/Approximate length	180 kms.
Numero de estructuras/Number of structures	500
Ancho de la faja de servidumbre/Easement strip width	65 mts.
Altura media de las torres/Average height of towers	65 mts.
Espaciamiento medio entre torres/Average spacing between towers	350 mts.
Características de circuito/Circuit characteristics	Trifásico, doble circuito, vertical/Three-phase, double circuit, vertical
Nº de conductores por fase/Nº of conductors per phase	3
Cable conductor/Conductor cable	Aleación de aluminio de 750 MCM/750 MCM aluminium alloy
Cable de guardia/Shield wire	OPGW de 13 mm de diámetro/13 mm diameter OPGW

- Eliminación de las pérdidas por capacidad entre conductores.
- Más baratas y confiables

Las principales desventajas son:

- Alto coste de los equipos de conversión.
- Imposibilidad del uso de transformadores para variar la tensión.
- Generación de armónicos en el lado de corriente alterna.
- Obligación de tener un generador de reactiva.
- Requerimiento de controles complejos.

Si bien se está haciendo todo lo posible para minimizar los impactos ambiental y visual, la infraestructura pasará inevitablemente por reservas naturales. Es probable que la línea se divida en dos para lograr que atravesase algunas zonas complicadas, que resulta imposible eludir.

La compañía está organizando reuniones comunales a fin de informar a los habitantes sobre la ruta propuesta para la línea.

3.3. Acceso a la línea

Se está desarrollando la línea de transmisión exclusivamente para HidroAysén, pese a un fallo judicial que determinó que debe estar disponible para otras empresas que deseen desarrollar proyectos en la región. Paralelamente el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC) aprobó el año pasado la conformación de la empresa de riesgo compartido HidroAysén, aunque estableció que el proyecto de transmisión debía permanecer abierto al menos durante seis meses en caso

- Minimum transmission power loss. Possibility of total control of active power.
- Smaller transmission line corridors with DC lines compared with the same power under AC. Reducing from 200 to 70 m.
- Reduced "halo" effect.
- More economical and trustworthy

The main disadvantages are:

- High cost of conversion equipment.
- Impossibility to use transformers to vary voltage
- Generation of harmonics on AC
- Need for reactive generator
- Complex control requirements

While everything possible is being done to minimize the environmental and visual impacts, the infrastructure will inevitably pass through natural parks. In some cases it is possible that the line will be divided in two in order to pass through complicated areas that are impossible to avoid.

The company is organizing public information meetings to inform the population of the proposed route for the line.

3.3. Access to the line

The transmission line is exclusively being developed for HidroAysén, in spite of a court judgement which established that this should be available for other companies who wish to develop projects in the region. In parallel to this, the Chilean Competition Tribunal last year approved the formation of the HidroAysén joint venture, though it established that the transmission

de que se presentaran peticiones de terceros que quisieran utilizarla.

Desde el punto de vista del diseño, los planes de la línea considerarán los requerimientos energéticos del SIC hasta el 2028, y además la línea tendrá capacidad para transportar volúmenes adicionales de electricidad.

Por otra parte, el tema de las líneas abiertas continuará generando debates con relación al desarrollo energético del sur de Chile. Por ejemplo, si se construyera una línea HVDC adicional hasta Santiago, se duplicaría el impacto ambiental de la primera línea. El recorrido que harían por el sur de Chile para finalmente conectarse a las principales líneas de transmisión del SIC provocaría impactos ambientales adversos. (7)

3.4. Proyecto de integración

Desde inicios del año 2010, HidroAysén, la sociedad creada para la construcción de las cinco centrales hidroeléctricas, toma el control de todos los aspectos relacionados con la línea de transmisión, debido al vencimiento del contrato con la firma canadiense Transelec para desarrollar los estudios de ingeniería en torno al tendido eléctrico.

HidroAysén está analizando la información entregada por Transelec y aunque satisfechos con el trabajo realizado, consideran que no tiene sentido amarrar un contrato de desarrollo de la línea ahora, siendo que vienen etapas de trabajo relacionadas con temas ambientales y no técnicos. No obstante, desde inicios de 2010, HidroAysén, en forma directa, trabaja con las empresas anteriormente contratadas por Transelec, como la australiana GHD y Cade, para el desarrollo del proyecto.

Endesa y Colbún esperan concluir el EIA de la línea en 2010, para someterlo a evaluación ambiental hacia fin de año.

Aunque Transelec participó de la iniciativa de transmisión desde los orígenes del proyecto, por los acuerdos que mantenía con la generadora hoy controlada por Enel, aún no existía el acuerdo comercial para hacerse cargo de la línea. Ambas partes acuerdan seguir colaborando en trabajos específicos en torno al desarrollo de la línea y no se descarta que sea la firma que finalmente construya la línea, lo que dependerá de la propuesta que realice la transmisora.

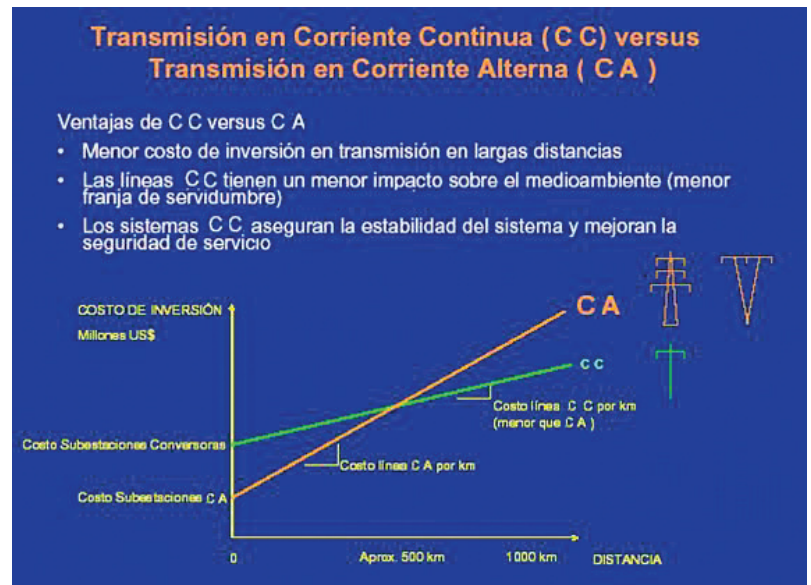


Fig. 3.
Comparación
líneas Corriente
Alterna y Corriente
Continua/
Comparison of
Alternating Current
and Direct Current
Lines.

project had to remain open for at least six months in the case that petitions were presented by third parties wishing to use the same.

From a design point of view, the plans for the line take into account the energy requirements of the SIC up to 2028 and will also have the capacity to carry additional volumes of electricity.

The subject of open access to the lines will continually be subject to debate with regards to the energy development of south Chile. By way of example, if an additional HVDC line was built to Santiago, this would double the environmental impact of the first line and the route taken through the south of Chile before finally connecting up with the main transmission lines on the SIC would cause adverse environmental impacts. (7)

3.4. Integration project

Since the start of 2010, HidroAysén, the corporation created for the construction of the five hydroelectric power plants, has taken charge of all aspects related to the transmission line following the expiry of the contract with the Canadian Transelec company to conduct the engineering studies on the electricity line.

HidroAysén are analysing the information submitted by Transelec and while they are satisfied with the work carried out, the corporation considers that it makes no sense to tie down a line development contract at this stage and that it is now necessary to focus on environmental and non-technical aspects. However, from the start of 2010, HydroAysén have worked directly

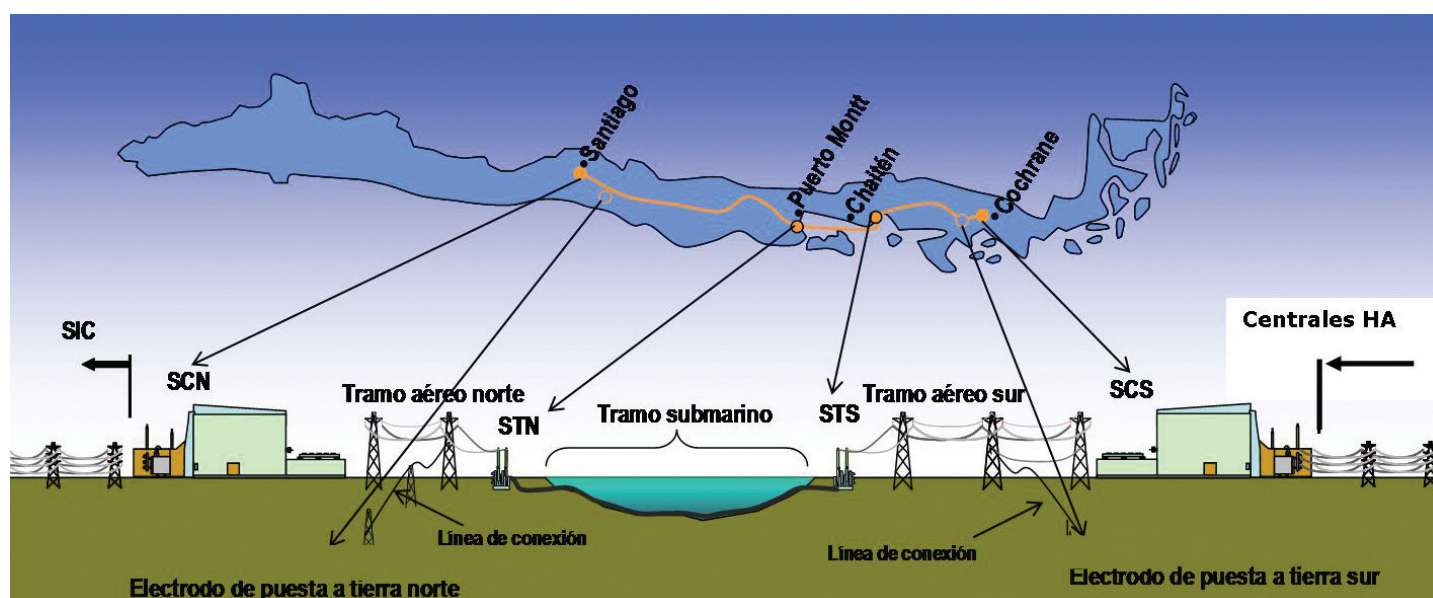


Fig. 4. Trazado línea de transmisión/
Transmission line arrangement.

- La extensión de tendido aumenta: contempla un tramo submarino y zigzaguo en algunas regiones

Uno de los principales escollos que tenía el proyecto de HidroAysén era la extensión que requeriría la línea de transmisión eléctrica. Preliminarmente este tendido que uniría Cochrané con Santiago tenía una longitud teórica de 1.791 kilómetros (km), atravesando 67 comunas de nueve regiones. Pese a esto, siempre se habló de una línea de 2.000 km, ya que se contempló una diferencia que permitiera sortear algunos obstáculos.

Pero tras los estudios realizados, las dificultades fueron mayores y la extensión del tendido se encuentra en una longitud de 1.912 km, de los cuales 160 son submarinos. El tramo aéreo supone la elevación de unas 6.000 torres de 60 m de altura, situadas cada 300 m. El mayor costo del tramo submarino, del orden de 7 veces el costo de una línea aérea, hacen el conjunto más costoso, elevándose hasta cifras que dificultan el proyecto en su conjunto. La decisión de sumergir la línea tendría como objetivo esquivar bosques de alerces y evitar condiciones climáticas adversas, en una zona donde también está el parque Pumalín del magnate estadounidense Tompkins, uno de los grandes detractores del proyecto.

En la zona de la Araucanía y la de Los Ríos se han tenido en cuenta los puntos en que existen comunidades indígenas, grupos con los cuales podría haber conflicto. De esta, manera el trazado en esas re-

with the companies contracted by Transelec, such as the Australian company GHD and Cade, for the development of the project.

Endesa and Colbún expect to conclude the EIA of the line in 2010 in order to submit this for environmental assessment by the end of the year.

While Transelec participated in the transmission plan since the very start of the project, on account of the agreements held with the producer currently controlled by Enel, there is no longer a commercial agreement in place to take control over the line. Both parties have agreed to continue collaborating on specific works related to the development of the line and it still possible that the company will eventually construct the line, though this will depend on the proposal made by the carrier.

- The route of the transmission lines will possibly include a submarine section and will have to make detours in certain regions. One of the main problems facing the HidroAysén project was the length required of the transmission line. This line, which would connect Cochrané to Santiago, was initially considered to have a theoretical length of 1,791 km and would pass 67 communes in nine regions. In spite of this, it has always been held that the line would have to be 2,000 km long as this would then allow a margin to overcome certain obstacles.

However, after the studies carried out, the difficulties were seen to be greater and the length of the transmission line was then increased to 1,912 km, 160

giones debe serpentear amplios terrenos, aumentando la extensión de la línea.

– El alza en los costos del proyecto

Uno de los temas más sensibles que ha enfrentado el complejo proyecto de transmisión de HidroAysén es el referido a la inversión que requerirá la iniciativa. Inicialmente se hablaba de que los dineros asociados a la línea ascenderían a cerca de US\$ 1.800 millones, dependiendo del tipo de estaciones convertoras de energía asociadas a la transmisión en corriente continua.

Sin embargo, esos valores preliminares distan ampliamente de las actuales cifras del trazado del proyecto. De esta manera, y de acuerdo con las mismas fuentes, el costo del tendido eléctrico hoy ascendería a unos US\$ 3.800 millones, cifra que podría incrementarse de acuerdo con el precio de los insumos requeridos para las obras al momento que se licite la construcción. El reajuste se debe a la mayor cantidad de kilómetros que tendrá la línea y a que parte de ésta será submarina.

El costo total del proyecto, que ya se mueve en el entorno de los US\$ 7.000 millones, podría llevar al ingreso de nuevo socio para financiar el megaproyecto

Todas las formas de generación eléctrica requieren líneas de transmisión por lo tanto las críticas a este proyecto hay que ponerlas en su verdadero valor.

- Los proyectos de transmisión pueden ser más concentrados o más distribuidos
- Desde el punto de vista del impacto de las líneas de transmisión, es mejor concentrar que distribuir
- Desconcentrar 2.750 MW en, por ejemplo, 140 proyectos minihidro o eólicos, implicaría una red de transmisión más densa y de mayor impacto ambiental

4. El problema ambiental

Como ocurre con este tipo de obras en todos los países uno de los escollos más importantes que debe ser superado es el puesto por consideraciones ambientales, tanto de las propias centrales, como de las líneas de enlace y transmisión. (4)

La zona donde se construirán las centrales está escasamente colonizada por lo que la población

km of which being submarine cabling. The overhead section requires the installation of 6,000 sixty-metre high towers spaced every 300 m. The greater cost of the submarine section, of around seven times the cost of the overhead line, make the combined sections more expensive and raise this to amounts that jeopardize the project as a whole. The decision to submerge the line has been made with the aim of avoiding larch forests and avoiding adverse climatic conditions in an area which is also taken up by the Pumalín Park, owned by the North American magnate Douglas Tompkins, one of the leading opponents of the project.

In the Araucania and Los Rios areas, consideration has been given to those locations inhabited by indigenous communities, and which may have given rise to conflictive situations. As a result the line will have to detour large tracts of land and this, subsequently, increases the length of the line.

– The rise in the cost of the project

One of the most sensitive issues that has been faced by the complex HidroAysén power transmission project is the investment required by the same. At the outset, it was thought that the line would cost around US\$ 1,800 million, depending on the type of converter stations associated with the direct current transmission.

However, these preliminary costings are very different from the figures considered for the current routing of the line. In this way, and in accordance with the same sources, the cost of the electricity line today would amount to some US\$ 3,800 million and this figure may in fact increase in accordance with the prices of materials required for the works at the time of tendering. This readjustment is due to the longer length of the transmission line and the fact that part of this will require submarine cabling.

The total cost of the project, which was already around the mark of US\$ 7,000 million, may require the entry of a new partner to finance the megaproject.

All forms of electricity generation require transmission lines and the criticism against the project in this respect has to be seen in the correct context.

- Transmission projects may be more concentrated or more wide-spread.

afectada por las mismas es muy reducida, escasamente 14 familias, pero por ello mismo se trata de una región de muy elevado valor ecológico por encontrarse casi en estado natural. Por lo tanto la oposición muy activa a la construcción de las mismas, no se debe apenas a la población de la región, sino a grupos del resto del país y del extranjero, especialmente Norteamérica y Europa. Estos grupos son los que están detrás de las costosas campañas desarrolladas en contra de las mismas.

Consideraciones fundamentalmente ambientales han supuesto ya desde la fase de estudio una importante reducción en el impacto previsto de las mismas. Desde las 30.000 has previstas en principio como ocupación de los embalses, ya en 2005 se redujo a 9.300 has, hasta llegar a las 5.910 has actuales, lo que supone una disminución de más del 80%. Ello ha supuesto que queden fuera de los mismos el salto del Nef, el Valle Grande y los lodges de pesca del nacimiento del Baker. (5)

La CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) creada en 1994, actuaba hasta hace poco como coordinadora de las acciones del gobierno sobre el medioambiente. Recientemente fue aprobada la Ley que crea el Ministerio del Medio Ambiente, la cual ha entrado en vigor los primeros meses de 2010. La ley supone un rediseño mayor de la institucionalidad ambiental. Las reformas centralizan las competencias ambientales en organismos dedicados al mismo. El Ministerio del Medio Ambiente queda a cargo del diseño de políticas del ramo, el Servicio de Evaluación Ambiental es el responsable de la administración del SEIA y la Superintendencia desempeña las funciones de fiscalización. Por tanto puede afirmarse que aunque de creación reciente Chile va contando con una institucionalidad ambiental homologable con la existente en la mayor parte de los países desarrollados.

4.1. Estudio de Impacto Ambiental de las represas y centrales

Para llevar a cabo el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto HidroAysén se estableció la Línea de Base Ambiental y Social (LBAS).

Su objetivo fue caracterizar los medios y componentes, entre los que destacan la flora y fauna terrestre y acuática, la calidad del agua y el medio humano. Estos

- *In terms of the visual impact of transmission lines, it is preferable that the generation be concentrated rather than wide-spread.*
- *The breaking up of say 2,750 MW into 140 mini hydro or wind projects would imply a denser transmission network with a greater environmental impact.*

4. The environmental problem

One of the main difficulties that has to be overcome by these types of work, wherever they may be, is that imposed by environmental considerations regarding both the power plant and the link and transmission lines. (4)

The area where the power plants are to be built is sparsely populated and the inhabitants affected by the plants will subsequently be very low, this being restricted to barely 14 families. However, for this very same reason this is a region of very high ecological value which is practically found in a pristine state. As such, the very active opposition to the construction of the project does not come so much from the population of the region, as from groups from the rest of the country and abroad, and particularly the United States and Europe and who are behind the expensive campaigns opposing the project.

Ever since the preliminary study phase, considerations of an essentially environmental nature have led to considerable reductions in the expected impact of the works. The reservoir area was originally considered to cover 30,000 hectares but in 2005 this was reduced to 9,300 hectares and has since been brought down even further to the 5,910 Ha considered today, this being a reduction of over 80% the original figure. This has meant that areas such as the Nef waterfall, the Valle Grande and the fishing lodges at the source of the Baker River have all remained outside the intended reservoir area. (5)

The National Environment Commission (CONAMA), created in 1994, acted until recently as the coordinator of all government environmental action. Following the passing of the Act creating the Ministry of the Environment, which came into force early in 2010, there has been a wide-ranging review of environmental organization. The reforms have subsequently attributed environmental competence to organizations dedicated to the same: with the Ministry of Environment responsible for establishing environmental policy; the Environmental

estudios abarcaron cerca de 300.000 hectáreas, un área muy superior a la superficie afectada por las obras y embalses del proyecto.

Desde fines de 2005 se encargó a prestigiosas universidades y centros de investigación, diversas campañas en terreno, generando una gran cantidad de información nueva sobre la Región de Aysén, la que ha sido considerada en los estudios desarrollados, así como también entregada a diversos interesados regionales y nacionales.

Luego de este extenso proceso de investigación, en 2008, HidroAysén ingresó su Estudio de Impacto Ambiental a la (CONAMA) de Aysén para ser evaluado por los servicios con competencia ambiental. En este marco se presentó a las comunidades, servicios públicos y autoridades locales y regionales de la zona en octubre del 2008 y contó con la participación de especialistas y expertos en todas las materias estudiadas, quienes explicaron las características del proyecto.

4.2. Informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones y/o Ampliaciones al Estudio de Impacto Ambiental (ICSARA)

A continuación HidroAysén recibió el ICSARA para su Estudio de Impacto Ambiental, cuyo contenido constaba de 2.698 observaciones, realizadas por 32 de los 36 servicios con competencia ambiental. Dentro de las observaciones, el ICSARA N° 1 incluyó también, 11 transcripciones de observaciones ciudadanas. La empresa solicitó la suspensión del proceso de evaluación ambiental por un periodo de nueve meses para responder las observaciones recibidas, más tarde alargado otros tres. En octubre de 2009 se entrega dicho documento a la autoridad ambiental pertinente, con las respuestas a todas las observaciones entregadas por la autoridad ambiental. (6)

4.3. Criterios Ambientales

Como resultado de la comunicación anticipada y permanente de la empresa con las comunidades, el Proyecto HidroAysén ha incorporado, desde la etapa de diseño, modernos criterios ambientales, respetando elementos de alto valor patrimonial y cultural para los aiseninos bajo los siguientes objetivos:

Assessment Service responsible for the administration of the EIA system; and the Superintendence acting as the monitoring body. It may then be stated that, while of relatively recent creation, Chile has a state environmental organization comparable with that existing in the majority of the developed countries.

4.1. Environmental Impact Study of dams and power plants

In order to conduct the Environmental Impact Study of the HidroAysén Project an Environmental and Social Reference was first drawn up.

The objective of this reference was to characterise the environment and its components, including the land and water flora and fauna and the human environment. These studies covered almost 300,000 hectares, an area far greater than the surface area affected by the works and reservoirs considered by the project.

Prestigious universities and research centres have been entrusted with conducting in-situ surveys ever since late 2005 and this has generated a wealth of new information on the Aysén Region which has been taken into account in the studies carried out and which has similarly been delivered to the different regional and national bodies.

In 2008, once this wide-ranging research process was completed, HidroAysén submitted its Environmental Impact Study to the Aysén regional department of the National Environment Commission for evaluation by the corresponding environmental services. A report was presented to the local and regional authorities, the public services and communities of the areas in October 2008 with the participation of specialists and experts in all the subjects covered by the study, who explained the characteristics of the project.

4.2. Consolidated Report Requesting Clarifications and/or Additional Information to the Environmental Impact Study (ICSARA)

HidroAysén received a consolidated report (ICSARA) on its Environmental Impact Study which included 2,698 observations made by 32 of the 36 services with environmental competence. The ICSARA N°1 consolidated report also included 11 transcriptions of citizen observations. HidroAysén requested the suspension of the environmental assessment process for

- Respetar la cultura local
- Proteger de la flora y fauna nativa
- Reducir las superficies de los embalses
- No impactar glaciares
- Reducir los impactos en zonas turísticas, y ganaderas

Para cumplir estos objetivos se han definido los siguientes criterios ambientales:

- **Minimización de las relocalizaciones:** A partir de la reducción en la superficie de los embalses decidida en 2007, las necesidades de relocalización alcanzan a 14 familias.
- **Modificar el diseño del embalse de la Central Baker 1,** para mantener el desnivel entre el río Baker y el río Nef, lo que permite que no quede afectado el Salto del Nef, situado cerca de la confluencia de ambos ríos.
- **No intervenir** los niveles naturales de los lagos Bertrand y O'Higgins, desde donde nacen los ríos Baker y Pascua respectivamente.
- **Restitución de la totalidad de las aguas y establecimiento de un caudal mínimo y un nivel mínimo en los embalses:** El agua utilizada será restituida al cauce natural de los ríos, inmediatamente aguas abajo de la zona de obras de cada central. El volumen restituido cada 24 horas corresponde al caudal total de los ríos en ese mismo periodo. Asimismo, el caudal mínimo con que operarán las centrales, será siempre superior al 40% del caudal medio anual. De la misma forma, la máxima oscilación de nivel en los embalses - en condiciones normales - no superará los 2 metros.
- **Reducir el nivel del embalse de la central Baker 2,** con el objetivo de mantener la condición natural del Valle Grande y permitir que continúe la actividad ganadera.
- **Por consideraciones paisajísticas,** se obras subterráneas para las instalaciones de las unidades generadoras - en cuatro de las cinco centrales - y un trazado, para la línea de enlace, que busca alejarse de sitios de interés turístico.
- **El diseño, equipamiento y ubicación de estas obras,** permite minimizar los impactos sobre las poblaciones y los servicios básicos de las localidades aledañas al proyecto. (7)

a period of nine months in order to respond to the observations received. In October 2009, HidroAysén submitted a document to the pertinent environment authorities giving answers to all the observations indicated by the environmental authority. (6)

4.3. Environmental criteria

In line with the company's prompt and ongoing communication with the communities, the HidroAysén Project has from the very outset incorporated modern environmental criteria that respect Aysén's highly valuable heritage and culture. This criteria is based on the following aspects:

- *Respect for local culture*
- *Protection of native flora and fauna*
- *Reduction of reservoir surfaces*
- *Zero impact on glaciers*
- *Reduction of impacts on tourist and livestock areas*

The following environmental criteria have been defined to comply with these objectives:

- **Minimized relocation:** Following the reduction in the reservoir surface area announced in August, 2007- only 14 families will require relocation.
- **Modified design of reservoir to the Baker 1 Plant,** to maintain the difference in level between the Baker and Nef rivers so as not to affect the Nef Falls set close to the confluence of these rivers.
- **No interference with** the natural levels of lakes Bertrand and O'Higgins, the respective sources of the Baker and Pascua rivers.
- **Total water restoration and establishment of a minimum flow and level in reservoirs:** Used water will be restored to the natural river flows immediately downstream of each power plant. The volume restored every 24 hours will correspond to the full river flow over the same period. The minimum flow for the operation of the power plants will always be in excess of 40% of the mean annual flow. In this way, under normal conditions, the maximum level range for the reservoirs should not exceed 2 meters.
- **Reduction of reservoir level to the Baker 2 plant,** to maintain the natural state of the Valle Grande and allow the continuation of livestock farming in the area.

4.4. Identificación, mitigación, compensación y reparación de impactos

Gracias a un trabajo de difusión e información anticipada del proyecto HidroAysén en la región, fue posible recoger diversas preocupaciones e intereses, que posteriormente se incorporaron en la fase de diseño de anteproyecto.

El Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto identificó y valoró 111 impactos de los cuales, 77 corresponden a la etapa de construcción y 34 a la etapa de operación.

El EIA incluye un Plan de Manejo Ambiental compuesto por tres componentes e incluye además, un Plan de Seguimiento.

A. Plan de Mitigación, Reparación y Compensación

Las principales medidas incluidas en el Plan de Mitigación, Reparación y Compensación son:

- **Plan de Manejo Social:** Incluye medidas de atención a la comunidad, la relocalización de las 14 familias y el manejo de los campamentos de los trabajadores del proyecto.
- **Respeto y protección a la cultura local:** Incluye la protección de elementos del patrimonio histórico, religioso y arqueológico y la creación de Centros de Difusión Cultural.
- **Protección de la flora y fauna nativa:** Creación de un Área de Conservación de 11.560 hectáreas que permitirá resguardar los ecosistemas y especies de la zona y un Plan de Manejo Forestal que obliga a reforestar con especies nativas más de 4.500 hectáreas, donde se contempla un plan específico para la conservación y manejo sustentable del ciprés de las Guaitecas.
- **Desarrollo del Turismo:** El proyecto contempla la creación de Centros de Información Turística en Cochrane, Caleta Tortel y Villa O'Higgins; la implementación de ocho miradores, 10 kilómetros de senderos turísticos en el sector de Pascua, 14 kilómetros de senderos especiales para trekking y refugios turísticos; la realización de un Estudio de Potencialidades Turísticas y otros
- **Plan de restauración de obras provisionales:** Reúne el conjunto de medidas determinadas para restaurar las zonas donde se instalen las obras

- *Landscape considerations:* Underground works have been considered for the generating units to four of the five power plants and for the interconnecting link line in order to keep these constructions away from places of tourist interest.
- *The design, equipment, and location of these works* make it possible to minimize the impact on the population and on the basic services located in the area of the project. (7)

4.4 Identification, mitigation, compensation and repair of impacts

As a result of the preliminary communication and information activities on the HidroAysén project in the region, it was possible to gather varying concerns and interests for ensuing incorporation within the preliminary design stage of the HidroAysén project.

The Environmental Impact Study of the Project identified and assessed 111 impacts, 77 of which corresponding to the construction phase, and 34 to the operation stage.

The EIS includes an Environmental Management Plan composed of three components and including an Environmental Monitoring plan.

A. Mitigation, Repair and Compensation Plan

The main aspects included in the Mitigation, Repair and Compensation Plan are:

- **Social Management Plan:** Including community advisory measures; the relocation of 14 families; and the administration of site workers' accommodation and installations.
- **Defence and protection of local culture:** protecting the historical, religious and archaeological heritage of the area and creating Cultural Centres.
- **Protection of the native flora and fauna:** Creation of a 11,560 hectare Conservation Area to safeguard the ecosystems and species in the area, together with a Forestry Management Plan involving the reforestation of over 4,500 hectares, with native species. This latter plan includes a specific plan for the conservation and sustainable management of the Guaitecas Cypress.
- **Tourism Development:** The project considers the establishment of Tourist Information Centres in

provisorias del proyecto, durante la etapa de construcción.

B. Plan de Prevención de Riesgos y Control de Accidentes

Orientado a los incidentes que puedan ocurrir durante las etapas de construcción y operación del proyecto, incluye medidas para el almacenamiento y transporte de materiales, para derrames accidentales de materiales peligrosos, plan de control de accidentes y riesgos para la comunidad y obligaciones ambientales en la ejecución de faenas.

C. Plan de Contingencias

El Plan de Contingencias está compuesto por una serie de acciones y procedimientos que se activarán para enfrentar y controlar situaciones de emergencia que pudieran presentarse y afectar a las personas, instalaciones, medio ambiente y otros componentes, derivados de la implementación del proyecto.

D. Plan de Seguimiento Ambiental

El Plan de Seguimiento Ambiental tiene por objetivo establecer un seguimiento y control de las variables ambientales afectadas por el Proyecto a través de diferentes mediciones verificación de la efectividad de las medidas de mitigación y prevención propuestas cumplimiento de la normativa ambiental y detección temprana de efectos no previstos o no deseados, de modo que sea posible controlarlas.

4.5. Estudio de Impacto Ambiental de las líneas de enlace y transmisión

Su estudio se está realizando independientemente del de las propias centrales, encontrándose mucho más retrasado y su tramitación será también independiente

4.6. Beneficios para la zona de Aysén

El Proyecto HidroAysén significará una gran oportunidad de desarrollo para los habitantes de la XI Región, a través de la creación de nuevas y mejores oportunidades laborales y de capacitación, lo que se

Cochrane, Caleta Tortel and Villa O'Higgins; the construction of 8 observatories; 10 kilometres of nature trails in the Pascua sector, 14 kilometres of trekking trails and tourist shelters; and the preparation of an Assessment of Tourist Potential among other actions.

B. Risk Prevention and Accident Control Plan

The Risk Prevention and Accident Control Plan is intended to cover incidents that might occur during the construction and operation stages. The plan includes measures for the storage and transport of materials; for accidental spills of hazardous materials; an accident and risk control plan for the community; and environmental obligations to be observed during construction.

C. Contingency Plan

The contingency Plan consists of a series of actions and procedures activated to manage and control any emergency situations that may arise as a result of the project and affecting people, facilities, the environment and other elements.

D. Environmental Monitoring Plan

The Environmental Monitoring Plan covers the monitoring and control of environmental variables affected by the Project. The plan shall employ a series of benchmarks to: verify the efficiency of proposed mitigation and prevention measures; compliance with environmental regulations; and, the early detection of unforeseen or unwanted effects, in order to control the same.

4.5. Environmental Impact Study of the link and transmission lines

This study is being conducted independently of the plants and has still yet to be completed. The processing of this EIS will also be separate from the rest of the project.

4.6. Benefits for the Aysén area

The HidroAysén Project will provide a great development opportunity for the inhabitants of the XI

traducirá en un mejoramiento de las condiciones de vida de las personas, gracias al fomento del comercio y a una mayor conectividad, permitiendo una mayor integración de los aiseninos con el resto del país. Generará alrededor de 5.000 puestos directos de trabajo durante la etapa de construcción, en su requerimiento máximo y un promedio mensual de 2.260 trabajadores, de los cuales, una parte será contratado en la región.

4.7. Energía para Aysén

Considerando que Aysén es una de las regiones donde sus habitantes pagan una de las cuentas de energía más caras del país, HidroAysén ha propuesto un proyecto para entregar energía de menor costo en la región. Este proyecto consiste en aumentar la disponibilidad de energía en la región en 26.6 MW adicionales - a la capacidad instalada actual - principalmente, a través de la construcción de minicentrales hidroeléctricas. Esta energía se destinará en un 97% a los hogares de Aysén, mientras que el resto será para empresas de la región que no superen un consumo de 2 MW. Este beneficio, que tiene una inversión estimada de 85 millones de dólares, tendrá una vigencia de 30 años e HidroAysén actuaría como un generador de la energía, sin intervenir en su distribución.

Esta iniciativa traerá consigo el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, la disminución de emisiones de gases contaminantes y el crecimiento económico a través del aumento en la competitividad del comercio y de la pequeña y mediana empresa. Para materializar este proyecto, la empresa ha solicitado autorización para contar con derechos de agua adicionales - no consuntivos - obteniendo una respuesta positiva por parte del Tribunal de Defensa de la Competencia que le habilita para poder conseguirlos. (7) ◆

Region by creating new and better work and training opportunities as well as offering improved quality of life due to the development of trade and improved interconnection allowing for the greater integration of the Aysén region with the rest of the country. The project will generate around 5,000 direct jobs at the peak of construction and an average of 2,260 workers every month, with a proportion of these workers being hired from the region.

4.7. Energy for Aysén

The Aysén region pays among the highest energy bills in the country and HidroAysén has proposed a project to supply electricity at a lower cost for the region. This project is designed to increase the amount of energy available for the region by adding an additional 26.6 MW to its current installed capacity, mainly through the construction of mini hydropower plants. 97% of this energy will go to Aysén homes and the rest will supply those companies in the region with consumptions of less than 2 MW. This benefit, consisting of an estimated 85-million-dollar investment, will be valid for 30 years, with HidroAysén acting as a power generator without intervening in the distribution.

This initiative will bring about an improvement in the community's quality of life, a reduction in contaminating gas emissions and economic growth as a result of the increased competitiveness of all types of business in the region. In order to turn this project into a reality, the company has requested authorization to gain additional (non-consuming) water rights, and has received a favourable response from the Competition Tribunal who have authorized the application for these rights. (7) ◆

Referencias/References:

(1) DANÚS VÁSQUEZ, Hernán; VERA ITURRA, Susana. *Carbón: Protagonista del Pasado, Presente y Futuro*. Providencia (Chile): Ril Editores, 2010.
(2) BAUSCH, Andreas; SCHWENKER, Burkhard. *Handbook Utility Management*. Heidelberg, Alemania: Springer Verlag, 2009.

(3) ALTRICHTER, Christian. *A Status Quo Report: Energy Policy Framework in Chile 2010*. Norderstedt (Alemania): Grin Verlag, 2010.

(4) NATALE, Elisabetta. *Dam break risk assessment in Baker Valley (Chilean Patagonia)*. Boston: Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 2009.

(5) TAURO, Flavia. *Chilean glacial lake outburst*

flood impacts on dam construction. Boston: Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 2009.

(6) VVAA. *¿Se necesitan represas en la Patagonia?: un análisis del futuro energético chileno*. Santiago, Chile: Editorial Ocho Libros, 2009. 91 p.

(7) HidroAysén. *Chile con energía*. Disponible en: www.Hidroaysen.cl (consultado 24-03-2011).