



22

Evaluación de Aprovechamientos Hidroeléctricos de Bajo Impacto Ambiental

Aprovechamiento La Elena - Provincia de Chubut

Ing. José María Ordoñez - Ing. Oscar Labatti
Área de Pensamiento Estratégico



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Coordinación:

Comisión de Energía

Cámara Argentina de la Construcción

Ing. Eduardo ROMERO ONETO

Ing. Enrique Pablo VIDELA



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

APROVECHAMIENTO LA ELENA PROVINCIA DE CHUBUT

Ing. José María Ochoa
Ing. Oscar Leandro Labatti

Área de Pensamiento Estratégico
Septiembre 2013

Índice

Argentina, panorama energético	7
Demanda Energética Argentina	8
La Oferta Energética Nacional	11
Escenario Alternativo	11
Sector de Energías Renovables	12
Uso Racional de la Energía y Redes Inteligentes de Transmisión y Distribución	14
Distribución geográfica	15
Caracterización de centrales de acuerdo al impacto ambiental	16
Marco general del estudio de La Elena	16
Comparación de parámetros con centrales del área	16
Ventajas comparativas	17
Alcances y componentes de la evaluación	18
Descripción de la cuenca – PET regional	18
Cuenca del Río Carrenleufú	18
Marco Geológico Regional	20
Hidrología	20
La cuenca y los PET	22
La Cuenca del Río Carrenleufú como Unidad del Plan Estratégico Regional	22
Objetivos generales y líneas estratégicas del planeamiento estratégico territorial de la provincia de Chubut al 2016	22
El recurso en la cuenca	24
Cuenca del Carrenleufú o Corcovado	24
Principales características	25
Perfil energético del Río Carrenleufú	25
Caracterización geológica y geotécnica	25
Geología regional	25
Distribución de las obras en cada unidad geológica	26
Sismicidad y riesgo sísmico	27
Fuentes de información	27
Sismicidad histórica. Evaluación de la Sismicidad	29
Magnitud más probable para un intervalo de tiempo (MT) determinado en la zona de estudio	29
Probabilidad de ocurrencia de un sismo de una determinada magnitud para distintos intervalos de tiempo	30
Riesgo sísmico	30
Conclusiones	31
Hidrología. Conocimiento hidrológico	32
La Elena – Río Carrenleufú	32

Estudios Ambientales realizados	33
Conclusiones del impacto	36
Definición del proyecto de obra disponible	36
Cierre La Elena	36
Cierre La Elena	40
Características del embalse	40
Características energéticas del aprovechamiento	40
Características del proyecto	40
Volúmenes de obra	41
Presupuesto de las obras	41
Presupuesto “La Elena” actualizado	43
Evaluación económica	44
Introducción	44
Criterios de evaluación económica	45
Costos	46
Beneficios	47
Indicador de valor	47
Tasas de descuento	47
Bonos de carbono	47
Período de evaluación	48
Análisis de resultados	48
Conclusiones y recomendaciones	49

Informe Técnico

Argentina, panorama energético

El gran desafío y necesidad de este siglo será la gestión sostenible de la energía en todas sus formas. La energía es no sólo parte esencial de la calidad de vida de los ciudadanos y la columna vertebral del desarrollo industrial y productivo de un país, sino también un factor de enorme importancia para la reducción de los impactos ambientales de dicha actividad productiva. Sin embargo, a pesar de su gran importancia, la problemática energética está dispersa en un conjunto muy variado de profesiones, lo que provoca una excesiva fragmentación del conocimiento necesario para una adecuada gestión de la energía. Por lo tanto, se requiere hoy una gestión integrada y sistémica, de naturaleza transdisciplinar¹, que permita no sólo un medioambiente limpio sino también una mejora de la calidad de vida de los argentinos, sobre la base de mejoras sustanciales en una gestión sustentable de la energía.

En este contexto, la energía proveniente de fuentes renovables adquiere máxima importancia, aunque las mismas no han adquirido carta de ciudadanía completa en la universidad argentina ni tampoco en la matriz energética. Hay un claro cambio de paradigma a favor de un sistema sustentable, lo que incluye la optimización de la matriz energética del país (que incluya fuentes renovables), un incremento importante en el uso racional y en la eficiencia energética, y una lógica sistémica en el tratamiento de la energía, particularmente a través de las redes inteligentes (*smart grid*)². Por lo tanto, una clave central en la evolución de los sistemas energéticos será la capacidad de innovar con un producto que es no diferenciado, y que por lo tanto refuerza la importancia de las innovaciones de proceso y organizacionales.

En este sentido, la situación actual del Sector Energético argentino está marcada por un fuerte crecimiento, sobre todo de la demanda eléctrica y gasífera, justificado fundamentalmente por el comportamiento del sector industrial, que no ha registrado prácticamente ninguna caída en el nivel de actividad, pese a la crisis mundial que asola el mundo desarrollado desde finales del 2007. Dicho crecimiento, ha hecho necesario incluso incrementar la oferta energética, sobre todo de gas, para acompañar las nuevas necesidades de la demanda en su conjunto, pero principalmente la generación de energía eléctrica dado la matriz de combustibles que utiliza.

¹La transdisciplinariedad va más allá de la interdisciplinariedad, en el sentido que la interacción entre las disciplinas científicas es mucho más dinámica en la primera. Una vez que se alcanza consenso en el conocimiento transdisciplinar, no es posible reducirlo a sus partes disciplinares. Además, los resultados de la investigación se difunden a los contextos problematizados y a los involucrados en las aplicaciones, a lo largo del proceso de producción de conocimiento. Ver al respecto el trabajo de Hessels, L. y van Lente, H. (2008): "Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda", en Research Policy, vol. 37, pág. 741.

²Véanse los desafíos de hace un lustro en EE.UU. para un ingeniero energético en Albert Thumann (2007): "Career Advancement and Assessment in Energy Engineering", incluido en Barney L. Capehart (2007, ed.): Encyclopedia of Energy Engineering & Technology, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 131-132.

Las innovaciones en el campo de la energía tienen que ver con la naturaleza misma de la propia energía, considerada un bien no diferenciado, que puede a su vez ser una *commodity* para el mercado o –en algunos casos- un bien social para el Estado. Por ello, los cambios en este sector tienen que ver fundamentalmente con innovaciones de proceso y de gestión, generalmente de naturaleza sistémica, que permitan el aprovechamiento más eficiente de las fuentes actuales, o con el desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de nuevas fuentes, o con modificaciones en los patrones de consumo, o con las fluctuaciones de los precios relativos de los combustibles convencionales, o con la existencia de incentivos pecuniarios y no pecuniarios que provienen del marco regulatorio. Desde un enfoque dinámico, los cambios en el sistema energético generalmente implican un proceso de co-evolución de las tecnologías, los mercados, las políticas, la gestión y la regulación³ de los mismos.

A continuación, se realiza una profundización del análisis de aquellos aspectos más salientes que permitan caracterizar el futuro energético en Argentina, como son la demanda y la oferta respectiva, y el principal frente de cambio del sector como son las energías renovables, las redes inteligentes y nuevas herramientas para el uso racional de la energía en todas sus formas.

Demanda Energética Argentina

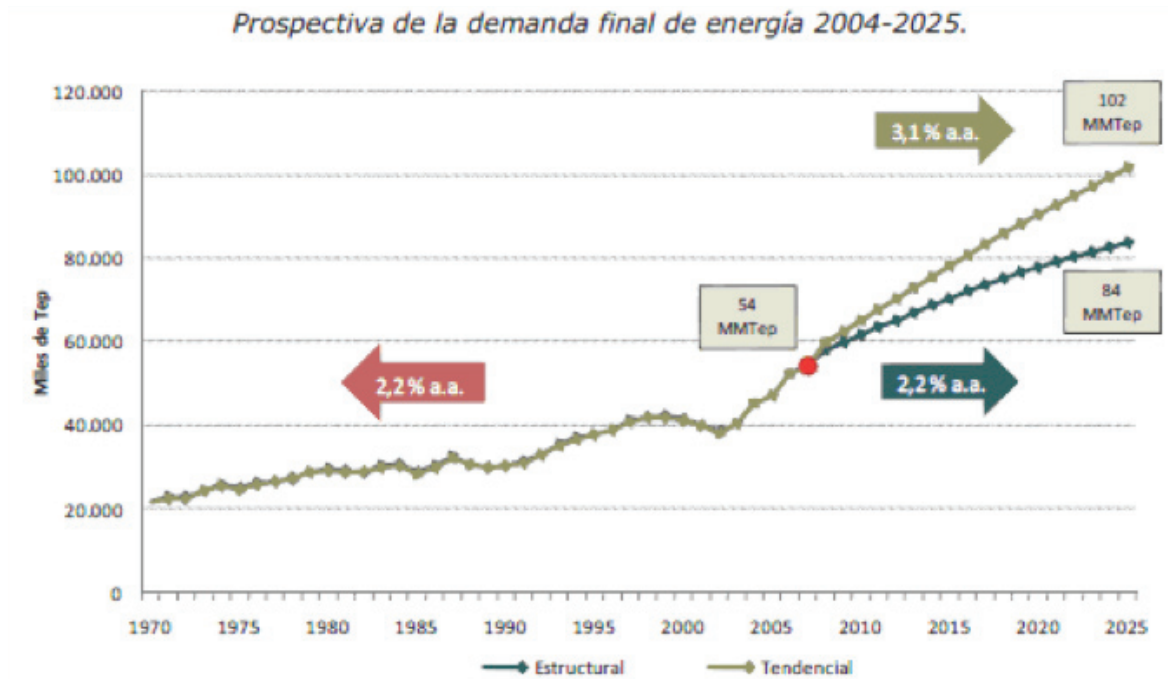
Para la caracterización de la demanda, sobre todo haciendo un esfuerzo de prospectiva a futuro, se ha tomado como base el trabajo de la Secretaría de Energía (2008)⁴. Éste plantea que, dentro de ciertos límites, para un mismo Escenario Socio-Económico, se pueden satisfacer los requerimientos de energía con distintas fuentes energéticas y diferentes modalidades de uso de las mismas. A su vez, para identificar los impactos, este trabajo presenta dos escenarios energéticos: uno Tendencial y otro Estructural.

El Escenario Tendencial describe cómo evolucionará el sistema energético en el futuro, bajo el supuesto de ausencia de políticas nuevas y explícitas de cambios estructurales, salvo las ya previstas. Esto significa que dicho escenario incorpora innovaciones tecnológicas como un proceso propio del mercado, así como mejoras en las eficiencias productivas o procesos de sustitución, que se verificarían, aun ante la ausencia de políticas explícitas adicionales.

El Escenario Estructural incorpora los efectos esperados de una política tendiente a promover la sustentabilidad y eficiencia en la asignación y uso de los recursos energéticos del país en el período bajo análisis, a partir de la aplicación de ciertas políticas explícitas, que incluyen la promoción de innovaciones sistémicas. El crecimiento de la demanda final de energía para el total del país en el período 2008-2025, presenta una tasa del 3,2% acumulativa anual (a.a.), en el caso del Escenario Tendencial y del 2,2% a.a. en el Escenario Estructural.

³Ver el trabajo de Nygaard, Stian (2008): Co-Evolution of Technology, Markets and Institutions. The Case of Fuel Cells and Hydrogen Technology in Europe, Lund University, Lund, especialmente página 12.

⁴Secretaría de Energía de la Nación (2008): "Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional 2008-2025". Grupo de Planeamiento Estratégico, coordinado por Ing. Juan Legisa y Lic. Guillermo Genta, Buenos Aires, diciembre del 2008



Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2008 : 138)

En el escenario Tendencial, en términos sectoriales, los que presentarán el mayor incremento en la demanda final de energía, dentro del Escenario Tendencial, son la Industria con el 4% a.a., seguido por el No Energético (3,8% a.a.) y el Comercial y Público (3,3% a.a.). El resto de los sectores presentarán tasas de crecimiento por debajo de la media. Por su parte, en el escenario Estructural se morigerará el crecimiento de la demanda final (Secretaría de Energía, 2008:139). Sólo el sector Industrial y el consumo no energético presentan tasas mayores a la media del país, como se muestra en las siguientes tablas.

Principales resultados Escenario Tendencial (miles de Tep)

	2008	2015	2020	2025	Tasa a.a.%
Residencial	13.503	16.705	18.706	20.854	2,6%
Comercial y Público	4.689	6.255	7.266	8.198	3,3%
Industria	15.367	21.629	25.987	29.937	4,0%
Transporte	14.804	18.097	20.599	22.921	2,6%
Agropecuario	6.477	8.382	9.496	10.342	2,8%
No Energético	5.239	7.232	8.614	9.823	3,8%
TOTAL	60.079	78.300	90.667	102.075	3,2%
Consumo Gas Natural (MMm3/día)	70	98	116	134	3,9%
Consumo Electricidad (TWh)	125	172	206	238	3,9%

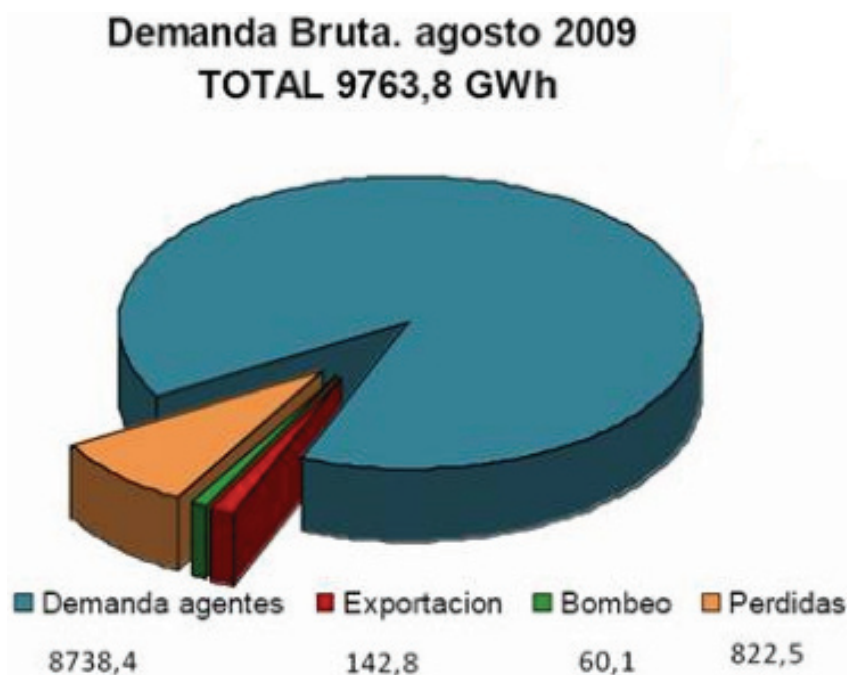
Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2008 : 139)

Principales resultados Escenario Estructural (miles de Tep)

	2008	2015	2020	2025	Tasa a.a.%	Ahorro
Residencial	12.780	14.542	15.415	16.328	1,5%	22,0%
Comercial y Público	4.441	5.387	5.846	6.163	1,9%	25,0%
Industria	14.876	19.490	22.391	24.879	3,1%	17,0%
Transporte	14.600	16.900	18.700	20.100	1,9%	12,0%
Agropecuario	6.197	7.421	7.956	8.199	1,7%	21,0%
No Energético	5.073	6.620	7.575	8.298	2,9%	16,0%
TOTAL	57.968	70.361	77.883	83.966	2,2%	18%
Consumo Gas Natural (MMm3/día)	66	83	93	102	2,6%	23,8%
Consumo Electricidad (TWh)	122	160	180	199	2,9%	16,4%

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2008 : 139)

La demanda bruta de nuestro sistema está compuesta por la demanda de los agentes del mercado argentino, la exportación requerida por los países limítrofes y la requerida por las centrales de bombeo más las pérdidas que se producen para cumplir estos requerimientos. En éste último ítem también se engloba el consumo propio de las generadoras (ver gráfico a continuación).



Fuente: Francisco Rey et al. (2009)⁵.

Desde la perspectiva de las fuentes de consumo final, en el Escenario Estructural se asume una mayor presencia de las energías modernas como el gas natural y la electricidad, y de las energías renovables. En el caso de los combustibles líquidos no se registran cambios significativos en su penetración, excepto la disminu-

⁵Ver Rey, Francisco, Coppari, Norberto y Giubergia, Jorge (2009): "Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) de agosto de 2009", CNEA, Buenos Aires

ción del consumo de gas natural en el transporte, un aumento en el uso de biocombustibles y la incipiente aparición del hidrógeno en el mediano y largo plazo del periodo considerado (2008 – 2025) (Secretaría de Energía, 2008). Con las tecnologías actuales de producción industrial y las perspectivas de cambio de las mismas, es posible afirmar que cualquier crecimiento del volumen de producción implica un crecimiento en el consumo energético.

La Oferta Energética Nacional

Dado el alto nivel de incertidumbre actual en el conocimiento del nivel de las reservas de petróleo y de gas natural y sobre su evolución futura, y la importancia crucial que estos recursos tienen en la matriz energética, la Secretaría de Energía (2008) decidió formular dos escenarios de producción que reflejan diferentes grados de declinación de la extracción de estos combustibles.

Escenario Base: El nivel de extracción sigue una senda declinante, llegando al año 2015 con una caída del 40% respecto a los volúmenes actuales. Ello obedece, principalmente al deterioro de la cuenca neuquina, donde al año 2015 la producción cae un 60%.

Escenario Alternativo

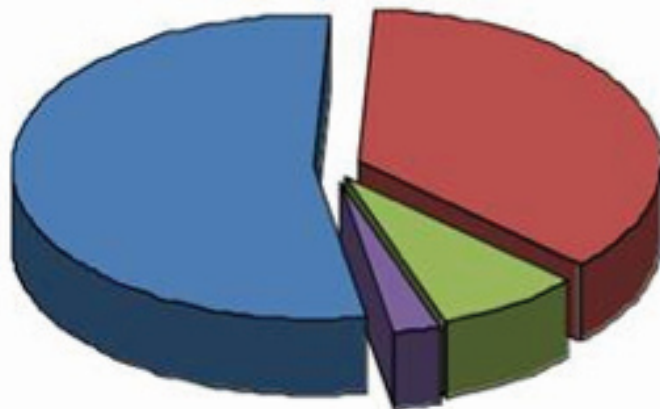
Denota una estabilización en la producción a partir del año 2011. A su vez, el aporte de las cuencas prospectivas contribuiría en este sentido a partir del año 2017. De todas formas esta estabilidad encontraría sus límites a partir de 2022 al mostrar algunas cuencas signos de agotamiento de stock de reservas, en particular la cuenca neuquina.

El subsector eléctrico está constituido por un complejo entramado de equipamiento de generación interconectado, y aislado en algunos casos, que requiere de un análisis detallado de cada uno de los nodos que lo componen y de hipótesis respecto a su futura expansión. Cuestiones tales como el retiro de máquinas existentes, la evolución de la autoproducción y la co-generación, la oferta eléctrica renovable, proyectos de generación existentes, la evolución de la tecnología de generación existente, entre otros temas.

Los resultados de la combinación de la evolución hipotética del subsector de hidrocarburos con la del subsector eléctrico ponen de manifiesto que, en la situación de aplicación de políticas estructurales de demanda y de mayor producción de hidrocarburos, persiste un déficit de gas relativamente manejable, con un pico de 5,8 MMm³/día en el mediano plazo (2012) (Secretaría de Energía, 2008).

La oferta bruta de energía, como puede observarse en el siguiente gráfico, se obtiene de la suma de la generación térmica, hidráulica, nuclear y la importación de países limítrofes, con una participación absolutamente marginal proveniente de la oferta de las energías renovables.

Oferta Bruta de Energía. agosto 2009 TOTAL 9763,8 GWh



■ Fósil	■ Hidráulica	■ Nuclear	■ Import
5228,8	3531,7	748,3	255,0

Fuente: Francisco Rey et al. (2009), op cit.

Sector de Energías Renovables

Los estudios realizados recientemente por la Secretaría de Energía de la Nación (2009)⁶, a través de su Área de Energías Renovables, con la colaboración de la organización internacional REEEP (*Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership*) y de la Fundación Bariloche, muestran un nivel importante de actividades vinculadas con el uso racional de la energía, la diseminación de nuevas fuentes de energía renovable y el desarrollo de proyectos demostrativos de nuevas tecnologías.

En este marco, la Ley N° 26.190/06, de Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica, y de su Decreto Reglamentario 562/09, se han convertido en el principal sistema de incentivos de referencia para el desarrollo de las renovables en Argentina. Los esfuerzos están enfocados en la meta de abastecer el 8% de la demanda de electricidad nacional con energías renovables para el año 2016, basándose en un conjunto de beneficios tales como: una remuneración adicional sobre los precios de mercado, incentivos diferenciados por fuente durante un periodo de 15 años, un régimen de beneficios fiscales a las inversiones, etc.

⁶Secretaría de Energía (2009): Energías Renovables. Diagnósticos, Barreras y Propuestas. Secretaría de Energía, Fundación Bariloche y REEEP, Buenos Aires

Por otra parte, la experiencia internacional en materia de desarrollo de las energías renovables se ha incrementado notablemente en los últimos tiempos. Según datos de la Secretaría de Energía (2009), al menos 60 países en el mundo poseen políticas de promoción de Energías Renovables para generación eléctrica; muchas de ellas de carácter nacional. El marco regulatorio aparece como un estímulo sustancial para la innovación en este campo, conectado con las políticas de preservación del medio ambiente.

El caso español muestra que, además de las cuestiones regulatorias, también es importante abordar los aspectos sistémicos de la entrada de las renovables en las redes de interconexión, los modelos de pronóstico conectados con los estímulos tarifarios tipos “*feed in*”⁷, la modificación paulatina de la regulación del sistema eléctrico, la formación de recursos humanos conectada con la instalación y mantenimiento de los nuevos equipos, la certificación y/u homologación de los mismos, la promoción de proveedores nacionales, el apoyo a las actividades de ingeniería y diseño, entre las barreras más importantes a vencer para lograr innovaciones energéticas. A este proceso se lo denomina de co-evolución, ya que comporta cambios no sólo en diversos actores en diferentes niveles territoriales, sino también cambios institucionales, de mercados, industriales y regulatorios, además de los propiamente tecnológicos⁸.

Dos de las tres políticas más importantes para la incorporación de las energías renovables en Argentina son implementadas por la Secretaría de Energía de la Nación, a través del Programa PERMER (Energía Renovable en Mercados Rurales Dispersos) y el Plan Estratégico Nacional Eólico. La otra restante es el Programa “Generación Renovable”, lanzado en mayo del 2009 por el Estado Nacional, y que se encuentra en ejecución a través de la empresa ENARSA. Como corolario de este racconto de situación de la matriz energética argentina en relación a las renovables, se debe enfatizar la importancia de las capacidades y competencias para un cambio innovador en el sistema energético nacional.

⁷En este tipo de sistemas se paga un sobreprecio, por encima de los costos o de los precios de mercado, para cubrir costos o compensar rentabilidad de los proyectos. Es el sistema elegido por la Ley N° 26.190. También es el sistema de incentivos elegido por la mayoría de los países europeos, por China, Brasil, Australia y Uruguay. Otro sistema es el utilizado por EE.UU. de crédito fiscal (Tax Crédito), donde se subsidia con crédito fiscal la inversión inicial y/o la energía generada. Ver Soares et al (2009:19).

⁸Mayor información se puede obtener en <http://www.aeeolica.es/>

Uso Racional de la Energía y Redes Inteligentes de Transmisión y Distribución

La gestión energética presenta una dinámica compleja, debido a la propia naturaleza de la misma, en la que se entrecruzan interrelaciones muy fuertes entre la tecnología, la economía y la regulación, principalmente. Es además muy sensible a factores externos, precisamente por las externalidades que induce, como el cambio climático, imponiendo nuevos retos que se traducen en escenarios más tensionados, los cuales requieren nuevas estrategias de mercado.

La eficiencia energética no se limita a un adecuado manejo de los instrumentos tarifarios. Existen un núcleo de diferentes tipos de tecnologías que tienen alto impacto en los niveles de consumo energético de la población y de la actividad productiva. Se pueden mencionar, sin pretensión de exhaustividad, las siguientes: el etiquetado energético que muestra el consumo energético de los equipos que se venden, el etiquetado de edificaciones para la reducción en la tarifa energética, tecnologías de generación de energía limpia que impactan en todas las cadenas de valor, tecnologías que requieren mucha menor intensidad energética y por lo tanto pueden desarrollar empleos en empresas de pequeña escala, tecnologías de comunicación que permitan la concientización en el uso racional de la energía, esquemas de exención impositiva o una disminución de los impuestos para aquellos equipos que demuestren una alta eficiencia energética, ahorro de agua que es lo mismo que mejorar el uso de la energía de bombeo y de potabilización, tecnologías de ahorro de gas en distintos tipos de equipos (estufas, termotanques, calefones, etc.) que en Argentina significa ahorro de energía eléctrica, tecnologías de aislación térmica (paredes recubiertas por aislamiento, ventanas de vidrio doble, etc., nuevos materiales aislantes, etc.), ahorro de energía eléctrica (métodos alternativos de acondicionamiento de aire, como el *whole-house-fan*, calefacción solar, termotanques solares, celdas fotovoltaicas de compuestos orgánicos, lámparas de bajo consumo, etc.).

En cuanto a la red de generación, transmisión y distribución eléctrica se ha mencionado frecuentemente como la maquinaria más grande y más compleja que el hombre ha construido. En este sentido, una red inteligente o *smart grid* está compuesta de los componentes tradicionales de la red (centrales de generación, torres y líneas de transmisión y distribución, transformadores, interruptores y medidores), a los que se suman el uso masivo de sensores, de telecomunicaciones, de tecnologías de almacenaje de energía, y de tecnologías informáticas para el control y gestión de la red⁹.

Estos últimos componentes tienen por objetivo mejorar la funcionalidad general del sistema eléctrico interconectado, dotando de inteligencia general a este sistema. Un sistema de esta naturaleza no sólo permite funciones como la optimización y racionalización en la gestión integral de la red, sino también nuevos desempeños como la incorporación de recursos energéticos distribuidos (en manos de los consumidores), la fiabilidad del sistema, la mitigación de impactos ambientales, la priorización de las fuentes renovables,

⁹Gellings, C.W. (2009): The Smart Grid - Enabling Energy Efficiency & Demand Response, The Fairmont Press, Lilburn (Georgia, USA), pág. 1

una integración adecuada de los sistemas energéticos locales, una gestión adecuada y racional de todos los activos de la red, hasta incluso la contención de los costos energéticos.

La gestión de esta red inteligente y de las herramientas de uso racional de la energía también implica la necesidad de nuevos perfiles de formación, sobre todo de ingenieros con fuertes competencias en tecnologías energéticas, con importantes conocimientos económicos y tarifarios, con capacidades informáticas y sobre todo con la capacidad de gestión de sistemas complejos y de innovación dentro de los mismos.

Distribución geográfica

La distribución geográfica de los mayores aprovechamientos se muestra en el siguiente mapa:



La hidroeléctrica es la mayor fuente de energía renovable explotada en el país. Más de un tercio de la electricidad generada anualmente proviene de centrales hidroeléctricas.

- Argentina ha sido pionera en la materia y luego de décadas de acertada labor, ostenta un significativo desarrollo hidroeléctrico, y con él, todo el potencial técnico y humano requerido para sostener y potenciar la continuidad de su explotación.

- En el contexto de la política de promoción de las fuentes renovables en general, la hidroeléctrica tiene un importante rol que cumplir, asumiendo una parte importante del incremento de oferta en generación que se deberá incorporar a los fines de alcanzar las metas y compromisos nacionales e internacionales que el país ha asumido en materia de energías renovables y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Caracterización de centrales de acuerdo al impacto ambiental

Marco general del estudio de La Elena

Las recomendaciones de la ONU para el desarrollo energético de energías limpias indican que para aprovechamientos hidroeléctricos de potencia de 30 MW o menores no hay impacto ambiental de importancia o este es mínimo. Si bien la potencia del proyecto que se ha seleccionado es mayor, en términos de potencia media, se acerca lo suficiente a este valor de 30 MW y se aleja de los grandes aprovechamientos. En consecuencia el impacto ambiental debiera ser bajo. Es un proyecto de pequeño embalse, principal impacto, y otras consecuencias ambientales que tienen menor valor y que pueden observarse en las siguientes tablas.

Las características principales del proyecto seleccionado para realizar su análisis son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS GENERALES								
Orden Viabilidad Multicriter	Proyecto	Pot MW	EMA GWh/a	Pot Media MW	Coefic de utilización	CME U\$\$/KWh	Sensibilidad Ambiental	Índice Viabilidad Multicriter
1º (*)	La Elena	102	649	74	0.73	25.38	Moderada	7.03(*)

(*) Fuente EBISA

Comparación de parámetros con centrales del área

Si los comparamos con emprendimientos de mayor potencia desarrollados en el área geográfica como lo son Futaleufú y Casa de Piedra, los principales parámetros se muestran en la siguiente tabla:

PARAMETROS COMPARATIVOS												
Proyecto	Vol Emb	VE / Pot	Área Emb	Á E / Pot	Alt Presa	H Pa / Pote	E MA	Área / EMA	Área Bosq equivt	Tep	Volumen de Presa	Vol Pre / Pot
La Elena	227	2	1700	17	40	2,6	649	2,6	15143	55804	100000	980
Futaleufú	5600	12	9200	19	120	3,9	2560	3,6	59733	220120	3100000	6568
Casa de Piedra	4000	67	36000	600	60	1,0	240	150,0	5600	20636	13000000	216667

La simple relación de Volumen de Embalse sobre Potencia Instalada o la Energía Media Anual generada comparada con otros aprovechamientos existentes como Futaleufú (cercano a la cuenca del Río Carrenleufú) o Casa de Piedra (en la misma cuenca del Río Colorado que Huelches) con otros parámetros, dan una idea comparativa de las bondades de este aprovechamiento seleccionado.

Igual comparación podría establecerse con volúmenes de presa, toneladas equivalentes de petróleo o bosque equivalente que contrarrestaría la producción de CO₂ producido por una térmica de igual generación anual.

Los parámetros comparados en estas tablas son: Volúmenes de embalse y área de embalse como gran impacto, volúmenes de obra y altura de presa como magnitud de las obras, con las relaciones sobre la potencia instalada y la energía generada por un lado y sus beneficios como ahorro equivalente de petróleo o gases enviados a la atmósfera por otro y comparativamente el costo medio de energía.

Ventajas comparativas

En comparación con los grandes proyectos y en virtud de sus características de generación distribuida, los pequeños aprovechamientos pueden representar¹⁰:

- * El relevamiento de todas las instalaciones construidas, funcionando y fuera de servicio, y una revisión paralela de las proyectadas (iniciada con el "Estudio para la mejora del conocimiento y la promoción de oferta hidroeléctrica en pequeños aprovechamientos" en colaboración con el PERMER).
- * Selección y promoción de los proyectos más factibles
- * El compendio de toda la legislación nacional y provincial y reseña de todos los organismos nacionales, provinciales y municipales que prestan conformidad para el desarrollo público o privado de proyectos.
- * Diferimiento o aplazo de extensiones de líneas de media y alta tensión y sus pérdidas inherentes
- * Mayor Habilidad de la red (regulación de tensión/generación en puntas de línea)
- * Menores períodos de gestación y construcción

¹⁰Energías Renovables 2008 - Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos. Secretaría de Energía

- * Menores montos globales de inversión
- * Menor impacto ambiental
- * Posibilidad de fomento al desarrollo local
- * Posibilidad de calificar proyectos para el mercado mundial de bonos de carbono en emisiones evitadas de gases de efecto invernadero vigente con el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

Alcances y componentes de la evaluación

En base a la documentación existente se avanzó en una valoración de los estudios ambientales disponibles en la documentación existente efectuando una comparación con Términos de Referencia Generales asumidos como pertinentes e identificando los puntos claves, su importancia para su posible morigeración y posterior análisis en un balance de impactos positivos y negativos.

Una evaluación de los estudios básicos claves de geología, geotecnia e hidrología, con la valoración de los mismos y la ponderación de lo faltante a nivel general que permitan llegar al nivel de Proyecto Básico. La verificación básica de los diseños. Eventual propuesta de cambio de tipo de obra, en busca de la aplicación de nuevas tecnologías y tipología de equipamientos.

La valoración de costos de obra se analizó la desagregación de los ítem y los cómputos existentes. En la valoración de la Potencia a instalar en cada Proyecto de acuerdo al rendimiento Energía-Potencia-Costo.

El alcance que tiene este informe, a los fines comparativos, es el de Prefactibilidad, aunque en particular en la Elena se esté por encima de este nivel.

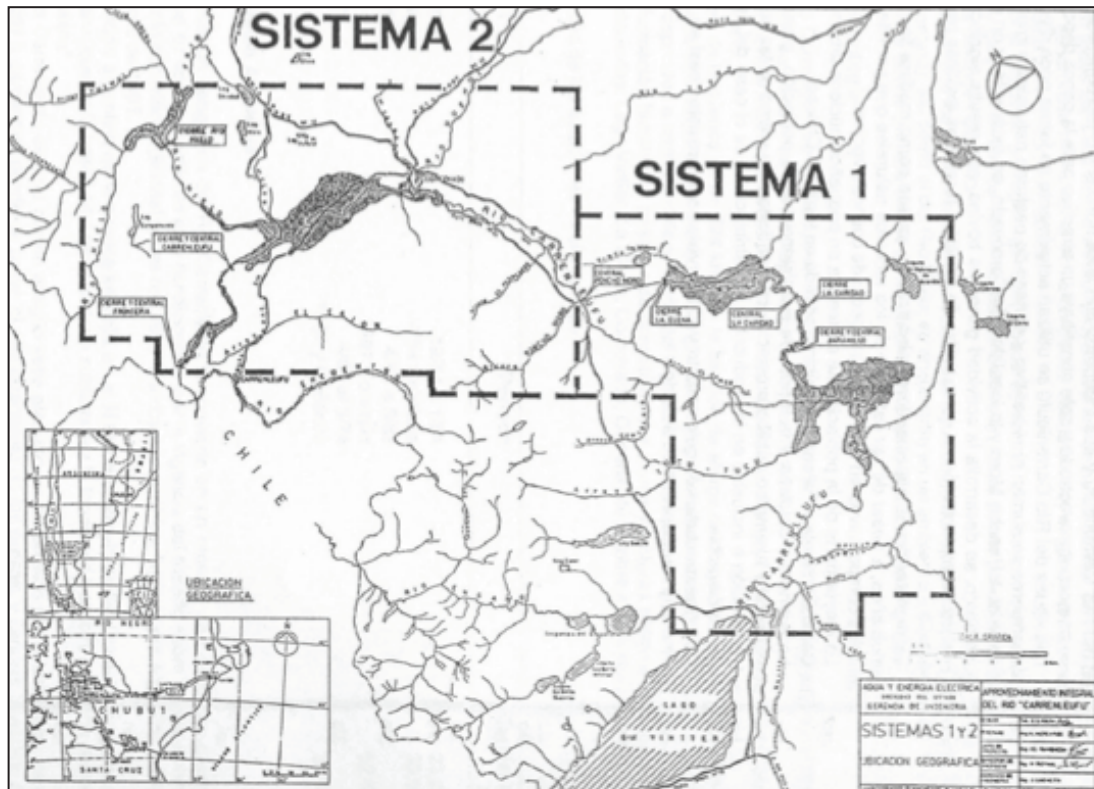
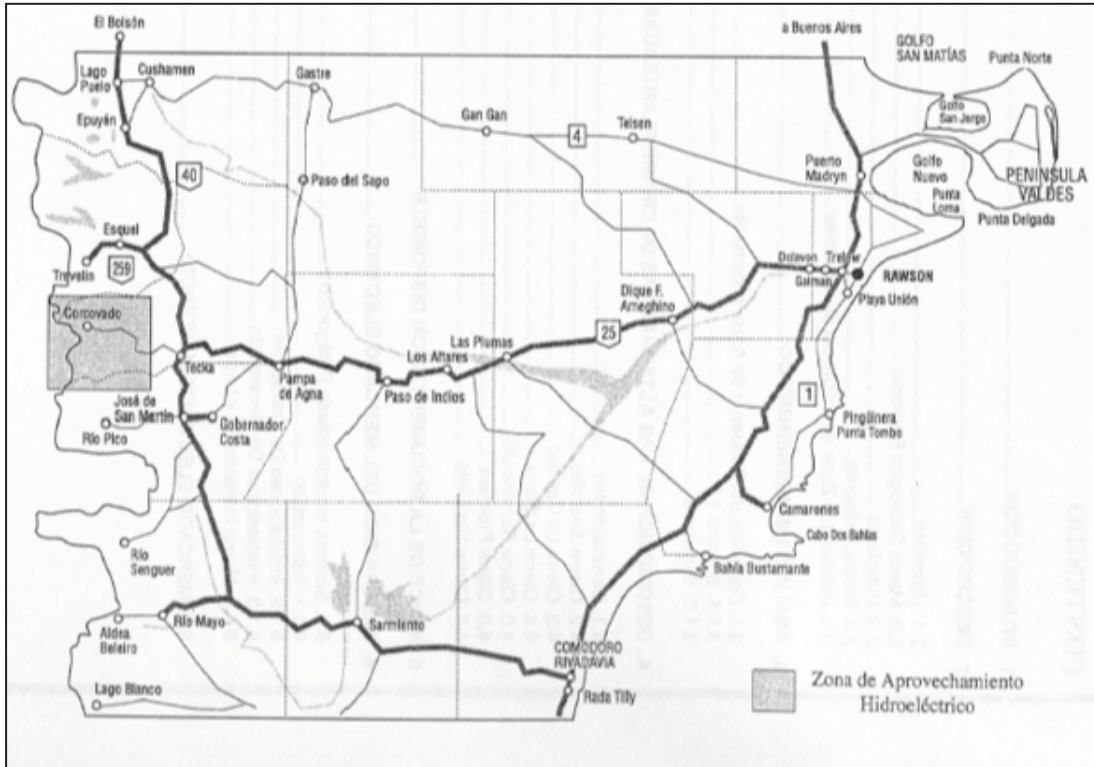
A partir de las documentaciones consultadas se entiende que el material es de suficiente nivel como para llegar a un costeo adecuado.

Descripción de la cuenca – PET regional

Cuenca del Río Carrenleufú

La cuenca del Río Carrenleufú se desarrolla en la provincia del Chubut, sus nacientes se ubican en el límite con la República de Chile en el Lago Vintter y Recibe del lado chileno el nombre de Lago Palena.

En territorio argentino, el Río describe inicialmente un recorrido hacia el norte, luego hacia el este bordea las poblaciones argentinas de Corcovado y Carrenleufú y atraviesa la frontera para entrar en Chile y desaguar en el Océano Pacífico en el Golfo de Corcovado. La superficie de la cuenca, hasta la frontera, es de 3.150 km², con un recorrido de aproximadamente 130 km y un desnivel de 711 m.



Los caudales se incrementan notablemente entre la naciente en el lago Vintter, con 23 m³/s hasta 94 m³/s en el límite internacional. El sistema posee gran regularidad de caudales, ya que nace en un importante lago natural, en relación a los caudales efluentes del mismo.

Las buenas condiciones geológicas y topográficas han permitido plantear aprovechamientos energéticos con significativa producción de energía y costos razonables.

Marco Geológico Regional

La región que drenan el Río Carrenleufú y sus afluentes, se encuentra en el ambiente geológico de andes patagónicos (cordillera y precordillera del noroeste del Chubut) y en ella afloran rocas formadas desde el pérmico hasta la actualidad.

En las zonas de emplazamiento de los posibles aprovechamientos hay un predominio de rocas volcánicas e intrusivas del cretácico y depósitos sedimentarios generados durante las glaciaciones del cuaternario. Si bien todos los sitios donde se han proyectado las obras de control de los aprovechamientos hidráulicos tienen roca aflorante, la comarca puede diferenciarse según la prevalencia, en un dominio sedimentario y en un dominio rocoso.

Según el bosquejo geológico general, puede apreciarse que el aprovechamiento La Elena tiene el vaso de su embalse en un área donde predominan las geoformas y los depósitos de origen glaciario. Cabe señalar que esta condición no afecta a la estanqueidad de los embalses, según lo conocido hasta el momento.

De igual modo los aprovechamientos localizados agua abajo de la localidad de Corcovado (Carrenleufú y Frontera), así como el del Río Hielo, se encuentran en un ambiente predominantemente rocoso, cabe señalar que la primera condición no afecta a la estanqueidad de los embalses.

Hidrología

El Río Carrenleufú se encuentra en la zona occidental de la Pcia. del Chubut. Es emisario del Lago Vintter que es compartido por las Repúblicas de Argentina y Chile.

Sus afluentes más importantes son: Tucu-Tucu, Comisario, Fango, Poncho Moro, Pedregoso, Huemul y el Hielo.

El área de la cuenca es de 524 km² en la sección de aforos del Lago Vintter, de 1340 km² en La Elena. 1862 km² en el cierre Carrenleufú y de 2351 km. en la frontera argentino-chilena. Unos 204 km² corresponden a territorio chileno antes del ingreso a territorio argentino.

La información hidrológica básica está constituida por aforos y lecturas hidrométricas sistemáticas en las estaciones: Lago Vintter. La Elena, Corcovado, Carrenleufú y sobre el Río Hielo- Confluencia.

El record de las estaciones es el siguiente:

Estación	Periodo	Caudal Medio Anual (m³/s)
Lago Vintter	12/54 a 1/64	23.2
La Elena	4/54 y continúa	33.6
CARRENLEUFÚ	4/64 al 3/82 1987 y continúa	52.5
Río Hielo	4/64 al 3/74 1987 y Continúa	34.9

La situación geográfica del Río Carrenleufú lo convierte en un recurso de jurisdicción binacional por lo que su aprovechamiento está condicionado por la vigencia del tratado sobre medio ambiente y el protocolo específico adicional sobre recursos hídricos compartidos, firmado por Argentina y Chile el 2 de agosto de 1991.

La porción argentina de la cuenca se sitúa en el N.O. de la Provincia del Chubut en plena región cordillerana, que en la latitud 44 S se encuentra cubierta por la formación boscosa conocida como "Selva Valdiviana".

El Río Carrenleufú escurre por un antiguo valle glaciario caracterizado por la existencia de estrechamientos o gargantas, donde se prevé el emplazamiento de las presas, y llanuras aluviales donde se radica la población y se desarrollan las actividades productivas más importantes.

Las condiciones climáticas imperantes en la cuenca determinan una precipitación media anual comprendida entre 590 mm al sudeste y este -clima semiárido patagónico- y 1.750 mm al nornoroeste - clima templado húmedo andino-, en el área sujeta a las condiciones climáticas mencionadas en primer término, se producen déficit hídrico en verano.

Las aguas del Río Carrenleufú son de tipo bicarbonatadas cálcicas y no presentan contaminación orgánica. El transporte de sedimentos, tanto como carga de fondo y en suspensión, no es relevante.

El salmón del Pacífico y la trucha son las especies ícticas más importantes; utilizan el sistema fluvial del Río Carrenleufú y sus tributarios con fines tróficos y/o reproductivos. En la actualidad este recurso es poco aprovechado y solo constituye un atractivo para la pesca deportiva.

Las aguas del Río Carrenleufú se utilizan actualmente en forma poco diversificada. Al uso descripto anteriormente se suman el recreativo y el riego de pasturas naturales e implantadas, en el valle situado entre el A° Poncho Moro y la localidad de Corcovado. En este valle, y en el situado inmediatamente aguas abajo, se desarrolla la actividad ganadera bovina, que resulta significativa para la economía de la cuenca. La implantación en estos valles de especies forestales exóticas reviste singular grado de importancia.

La explotación de especies forestales nativas, ya sea como madera fina o leña, ha decaído en los últimos años, a pesar de ser este uno de los recursos naturales que permiten calificar a la cuenca con ventajas comparativas en este rubro, respecto de cuencas vecinas.

La mayor parte de la población se concentra en pequeños núcleos urbanos: Corcovado, Carrenleufú, Cerro Centinela y Palena (esta última situada en territorio chileno).

La economía del área y la fuente de subsistencia de la población, giran en torno a la producción agroforestal y al empleo público provincial, concentrado este último en las áreas de administración, salud, educación e inclusive en la producción industrial, como es el caso del aserradero provincial, situado en Corcovado.

La infraestructura, el equipamiento y los servicios son provistos casi en su totalidad por el Estado provincial, y municipal en su defecto.

La cuenca y los PET

La Cuenca del Río Carrenleufú como Unidad del Plan Estratégico Regional

El Plan Estratégico Nacional (PET) y los Planes Estratégicos Provinciales incluyen el aprovechamiento de la cuenca del Río Carrenleufú, tal como se desprende del documento del Planeamiento Estratégico de la Provincia que se sintetiza a continuación.

Las líneas generales del Plan de la Provincia del Chubut incluyen el Aprovechamiento Integral del recurso hídrico, esto es de uso consuntivo para el consumo humano, la producción de alimentos, su faz energética, forestal, etc., con la debida priorización en cada caso.

El aprovechamiento La Elena aporta en esa dirección, como se desprende de los siguientes objetivos contenidos en el Plan:

Objetivos generales y líneas estratégicas del planeamiento estratégico territorial de la provincia de Chubut al 2016

- Mejorar y equiparar las condiciones de calidad de vida de los habitantes de la provincia, promoviendo el arraigo, inclusión y el desarrollo armónico de su territorio.
- Equiparar y mejorar la cobertura de servicios públicos en la Provincia.
- Fortalecer la conectividad y accesibilidad entre localidades.
- Fortalecer y regular los planes de Vivienda Social.
- Desarrollar y fortalecer Plan Infraestructura Educativa.
- Desarrollar y fortalecer la infraestructura de salud pública en la Provincia.
- Fortalecer la conectividad y accesibilidad entre localidades.
- Promover y maximizar la oferta energética en el territorio Provincial y su uso racional.

El hecho de construir obras hidroeléctricas implica una gran inversión en corto tiempo, en un lugar concentrado de la región. Esto impacta positivamente en todos los puntos detallados precedentemente.

Estas obras llevan consigo inversiones en infraestructura de servicios públicos, que pueden resumirse en las facilidades que se construyen para ejecutar las obras y atender a las personas que trabajan durante su construcción, que luego quedan como aporte definitivo de infraestructura, siempre que se hayan planificado adecuadamente, incluyendo la actividad educativa, la infraestructura de salud, caminos y accesos, energía, desarrollos derivados e indirectos, etc.

Una consecuencia muy importante es la disponibilidad de un recurso tal como el agua, que con el embalse creado y demás facilidades se constituyen en herramientas adecuadas y de gran efectividad, tanto para lograr un uso racional del recurso agua en conjunto con otros recursos como para lograr un desarrollo sustentable.

Debe tenerse presente también que el hecho de incorporar a la región un conjunto de obras de alta tecnología, inserta un centro provincial y regional como fuente de desarrollo tecnológico en sí misma.

La visión del panorama energético Provincial al 2016, nos muestra una población con acceso pleno a las fuentes de energía, Empresas del sector público y privado proveyendo insumos acorde a condiciones de competitividad, precio y con garantías en el suministro, operando dentro de las condiciones de un marco regulatorio y de conservación del medioambiente, y un Gobierno que riga el eficiente uso de la energía y racionalidad, impulsando el uso de fuentes alternativas y nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos.

Del análisis diagnóstico integrado y en función a la visión y objetivos diseñados por el Gobierno de la Provincia, se ha obtenido la siguiente Línea Estratégica abarcativa del Sector Eléctrico en su conjunto, de la que deviene el Plan de Desarrollo Energético de la Provincia del Chubut que prevé:

Garantizar abastecimiento de energía suficiente, con estándares de calidad y precios competitivos a todos los ámbitos de la Provincia, asegurando la preservación del medioambiente. Lograr garantía y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica a la totalidad de comunidades de la provincia.

Disponer de oferta de potencia y energía para el desarrollo de las economías regionales en el área de influencia.

Promoción del uso racional y eficiente de la energía y el uso incremental de las fuentes renovables de energía.

Un desarrollo de Empresas energéticas públicas y privadas actuando bajo el ordenamiento jurídico necesario que otorgue seguridad y certeza jurídica, tanto a los agentes económicos como a la propia sociedad, asegurando el poder regulador del Estado y la soberanía de sus decisiones.

Promover la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, así

como en la formación de recursos humanos altamente calificados para apoyar el desarrollo sustentable del sector energético, en particular de fuentes alternativas de energía, liderando la protección del medio ambiente.

Interconexión poblaciones del interior provincial, mediante líneas en alta tensión a las localidades cabeceras de distribución que conforman los ámbitos básicos del anillado energético, para su puesta en servicio dentro del periodo abarcado por el PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2004 — 2008.

Garantizar abastecimiento de energía suficiente (100%) en localidades aisladas del interior de la Provincia, con estándares de calidad y precios competitivos, permitiendo una oferta de potencia y energía para el desarrollo de las economías regionales en el área de influencia, con horizonte al año 2016.

Aprovechamiento de los recursos disponibles para promover generación de energía eléctrica a partir de energía renovable, e insertarla en el mercado nacional demandante, preservando las condiciones medioambientales.

Impulsar el desarrollo de tecnología e infraestructura de generación eléctrica con fuentes renovables y generar un desarrollo integral de parques eólicos definidos bajo criterios de integración ambiental, generando alternativas de cambio de la matriz energética, año 2016.

Aumentar la adecuada cobertura del servicio de gas en la Provincia en un 90%, mediante mejoras en la distribución, en la aplicación de subsidios y en el uso del Fondo Gasífero, al año 2016.

El recurso en la cuenca

Cuenca del Carrenleufú o Corcovado.

Por su traza tipo cuadrilonga se lo conoce también como el Cuadrilátero del Carrenleufú. Es emisario del lago Vintter, que le sirve de regulador natural. Tiene la característica de correr en sentido sur-norte mientras transita por el estrecho Valle del Corcovado formando rápidos y remolinos, hasta cambiar su rumbo hacia el oeste.

Su superficie dentro del territorio argentino es de 3.050 kilómetros cuadrados, tiene 12 lagos que ocupan 86 km² y su caudal es de 94 metros cúbicos/ segundo.

Este Río está siendo estudiado para evaluar la posibilidad de su aprovechamiento integral: hidroeléctrico y de producción agrícola forestal.

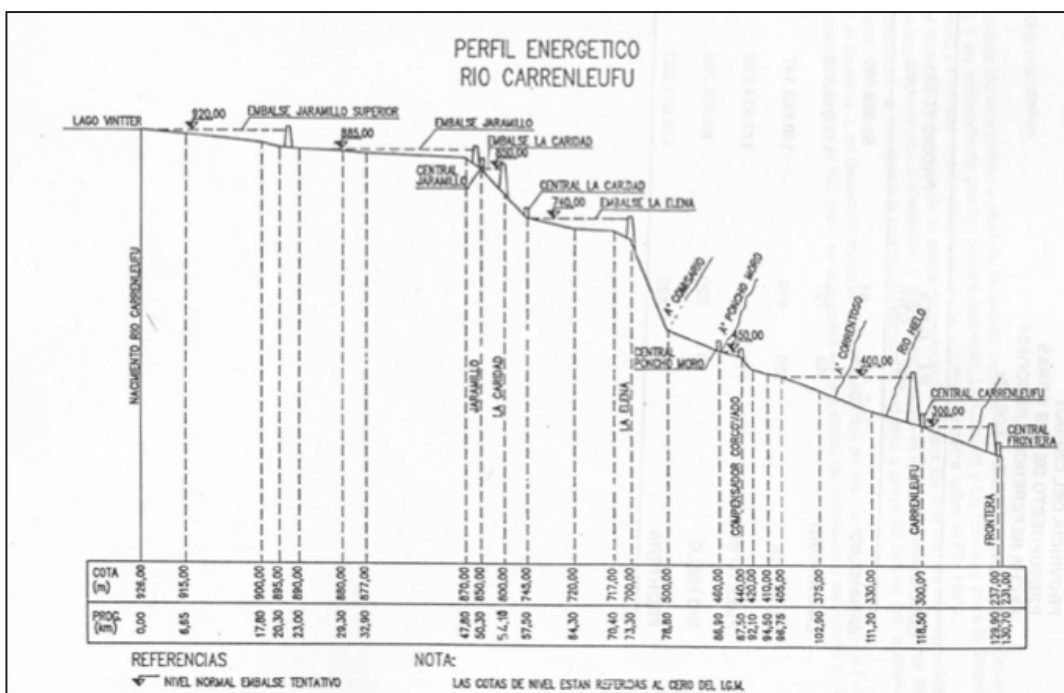
Principales características.

SITIOS	PI	EMA	NIVEL	GEOLO	EMBAL	MDL+RV	IA	R/F	INV(*)
	GW	GWh/a	I-PF-F-PB	M-B-MB	km ² /km ³	md/mr	B-M-A-MA	S/N	MU\$S
JARAMILLO	24	81	PF	B	23/34	S/S	B	S/S	60
LA CARIDAD	42	257	PF	B	0.7/10	S/S	B	S/S	117
LA ELENA	100	649	PB	B	17/227	S/N	B	S/S	140
PUESTO BUSTOS	115	561	PF	MB	20/664	S/N	M	S/S	173
FRONTERA	80	320	I	MB	18/660	S/N	MA	N	83
RIO HIELO	50	420	PF	M	3.6/76	S/S	MA	N	109

(*) Datos del estudio integral del Río Carrenleufú año 1994

Perfil energético del Río Carrenleufú

El siguiente gráfico muestra el perfil energético del Río Carrenleufú



Caracterización geológica y geotécnica

Geología regional.

Ubicación. El marco regional en el que se ubica el área de estudio se encuentra entre los paralelos 43° 30' y 44° de latitud sur y entre los meridianos 71° y 71° 45' de longitud oeste. Esta zona corresponde a la Cordillera Patagónica Central de la provincia de Chubut.

En el área de estudio aflora la Formación Lago la Plata constituida por andesitas, filones y diques de pórfiros andesíticos que se presentan como el cuerpo principal de un intrusivo regional del Periodo Jurásico; superpuestas se encuentra la Formación Cerro Campamento constituida por sedimentitas finas del Cretácico inferior que infrayace a la Formación Divisadero, conformada por sedimentos continentales y vulcanitas, también del Cretácico inferior. Estas dos últimas formaciones no afloran en el área de estudio correspondiente al aprovechamiento de marras.

Discordante e intruyendo a dichas formaciones se encuentra el Granitoide Río Hielo del Cretácico superior, pequeño intrusivo en la zona noroeste de la comarca que corresponde a un batolito mayor que aflora en las cercanías de la sierra de Tecka, fuera del área de estudio. En suprayacencia, la Formación Morro Serrano que está conformada por intrusivos básicos, diques y filones capa, del Santoniano.

Por último, se encuentran presentes y adquieren una gran importancia los sedimentos glaciales constituidos por depósitos fluvioglaciares de outwash con cierto proceso de lavado por acciones fluviales, lo que permite una mayor selección de tamaño y estratificación y morenas de fondo y laterales, sedimentos marcadamente heterométricos sin estratificación del Pleistoceno, y los depósitos aluviales actuales.

Distribución de las obras en cada unidad geológica

- Presa de embalse (fundación): andesitas de la Formación Lago La Plata.
- Vaso de embalse: depósitos glaciares (Morena Sur); Surco Glaciar Margen Derecha; Surco Glaciar Margen Izquierda.
- Conducción en túnel: andesitas de la Formación Lago La Plata.
- Conducción forzada: cubierta glaciaria sobre Granitoide Río Hielo.
- Casa de máquinas: Granitoide Río Hielo.

Las conclusiones del relevamiento regional del área se sintetizan en el siguiente cuadro de fortalezas y debilidades, expresado como ventajas e incógnitas (condicionantes geotécnicos) para cada componente de obra.

Presa:

Ventajas: Fundación en roca de excelente calidad. Topografía estrecha de la garganta. Tratamientos de impermeabilización y drenaje de poca significación económica.

Incógnitas: Surcos Margen Derecha y Margen Izquierda, necesidad de tratamiento.

Conducción

Ventajas: Túnel excavado en roca de buenas características geotécnicas. En general los espesores existentes de drift glaciar no afectan a la conducción subterránea.

Incógnitas: Tres zonas de falla. Métodos de excavación y sostenimiento a definir.

Central

Ventajas: Fundación en roca.

Incógnitas: Presencia de zonas de falla, debilitamiento general del macizo rocoso

Vaso del embalse

Incógnitas: Morena sur y surco glaciario Margen izquierda. Problemas de filtraciones, pérdidas de agua y arrastre de material. Parámetro geotécnico condicionante de primer orden.

Sismicidad y riesgo sísmico

La actividad sísmica de la región se analiza en términos probabilísticos, debido al desconocimiento de la secuencia de eventos sísmicos. La ponderación del riesgo surge entonces, de la determinación de la probabilidad de ocurrencia en un intervalo de tiempo de uno o más fenómenos tomados como sismo de diseño.

Fuentes de información

Se emplearon las siguientes fuentes de información disponibles: datos sísmicos instrumentales: obtenidos por las estaciones sismológicas internacionales y recopilados en distintos catálogos. Los datos de estas estaciones, permiten calcular la ubicación en latitud, longitud y profundidad de los focos sísmicos, estos son:

Considerando sismos de magnitud igual a mayor a 6 de la escala de Richter, entre 1906 y 1979.

Considerando la totalidad de los sismos informados por la Red Sismológica Internacional entre 1960 y 1979.

El primer grupo tiene como límite 6, dado que a partir de esa magnitud se asegura que en todo este intervalo de tiempo se hayan medido los eventos importantes.

Con el análisis de esta información surgen las siguientes conclusiones:

La profundidad de los focos sísmicos tiene una dispersión que varía con la longitud, siendo mínima en el fondo oceánico adyacente y máxima cerca del límite internacional (con un rango de variación en esta zona desde 30 hasta 160 kilómetros de profundidad).

Los sismos ubicados en la República Argentina, tanto superficiales como profundos son de baja magnitud inferior a 6 de la escala de Richter.

La casi totalidad de epicentros se localiza al oeste de la cuenca, principalmente en territorio chileno y en el fondo del océano adyacente. Véase la imagen satelital.

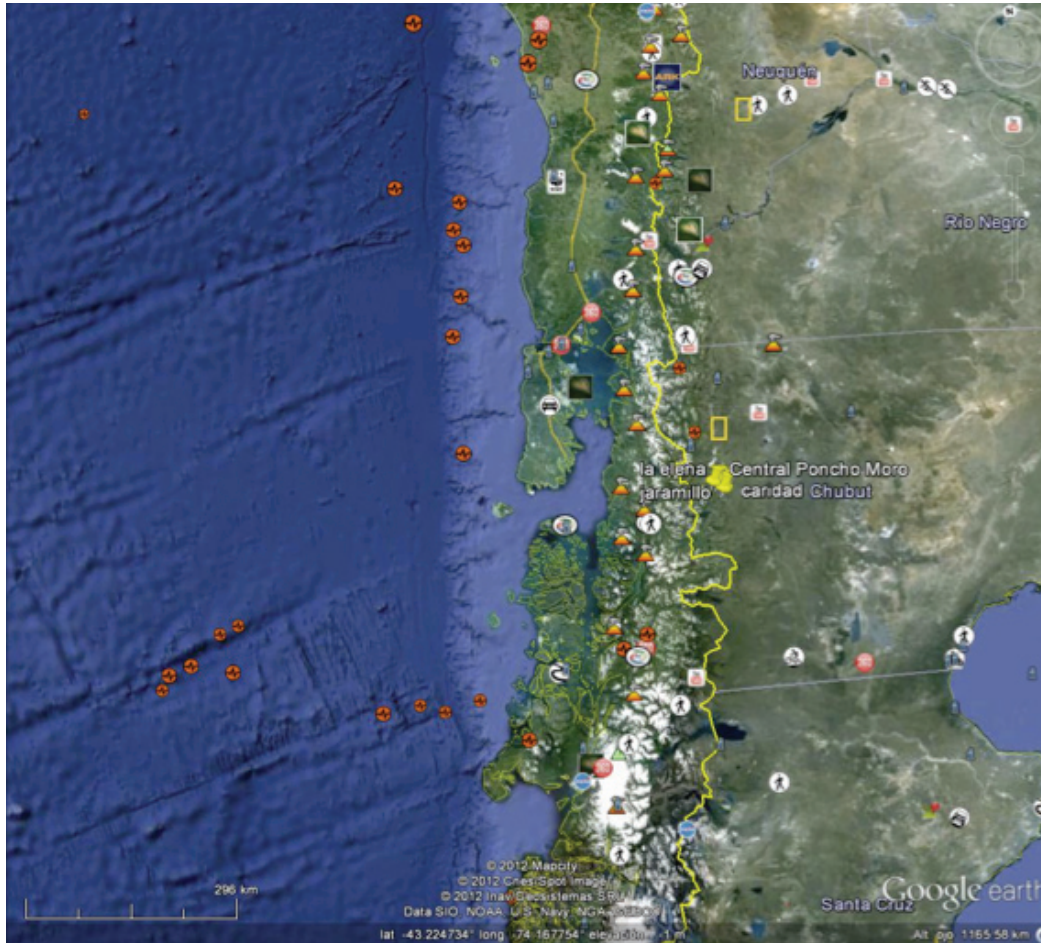


Imagen con los sismos más cercanos al emplazamiento La Elena.

Datos sísmicos históricos: para el caso de Chile y Cuyo los datos de eventos muy fuertes se remontan al siglo XVI. El análisis de la distribución de los sismos históricos es coincidente con los datos instrumentales posteriores, es decir:

Grandes sismos en el fondo del océano adyacente a las costas chilenas, como el del 22/5/1960 – Sismo de Valdivia - de magnitud 9,2 con maremoto asociado, situado a unos 460 km al N – NO.

Sismos de menor magnitud, dentro del territorio chileno, como los que destruyeron Talca (M = 8.0 en 1928) y Chillán (M = 7.7 en 1939).

Datos geológicos y tectónicos: estos estudios tratan de determinar evidencias en la corteza terrestre e interpretar la relación con la acción de estos fenómenos, fundamentalmente en los últimos millones de años. La mejor evidencia entre la sismología y la geología, asocia la actividad sísmica con el movimiento relativo entre placas que forman la corteza terrestre. Los grandes sismos de esta zona se explican como producto de la interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana, donde la primera subduce debajo de la segunda.

Sismicidad histórica. Evaluación de la Sismicidad

Frecuencia anual de ocurrencia de terremotos (N) en función de la magnitud en la zona de estudios (M)¹¹. Si se tiene en cuenta la fórmula empírica: $\log N = a - bM$ es posible determinar la frecuencia de ocurrencia de un sismo en función de la magnitud. Para ello es necesario determinar las constantes a y b que son características de la zona.

Para el cálculo de los coeficientes se han tenido en cuenta aquellos valores mayores que $M = 4$ en el período 1966 - 1985. Los valores más aceptables son $a = 1,80$ y $b = 0,50$. En la siguiente tabla 1 se correlacionan N y M.

N: Frecuencia anual de ocurrencia de sismos	M: Magnitud del sismo
5	2
1	3
0,5	4
0,3	4,5
0,2	5
0,1	5,5
0,05	6

Tabla 1: frecuencia anual de ocurrencia de sismos en función de la Magnitud (M).

Magnitud más probable para un intervalo de tiempo (MT) determinado en la zona de estudio.

De la aplicación de la teoría generalizada de los valores extremos de Gumbel se han obtenido ciertos resultados. En este caso $M(T) = a + \log T / b$ indica que si consideramos los valores de a y b previamente calculados y tenemos en cuenta distintos intervalos de tiempo T se pueden obtener los valores de magnitud M, más probables.

Intervalo de tiempo (años)	M: Magnitud del sismo Escala de Richter
1	3,5
6	5,0
10	5,2
15	5,8
20	5,9

Tabla 2: Magnitud más probable para un intervalo de tiempo determinado.

¹¹N = frecuencia media zonal de los sismos que igualan o superan la magnitud Ms

Probabilidad de ocurrencia de un sismo de una determinada magnitud para distintos intervalos de tiempo

Si consideramos que: $P(M,T) = \exp[-10 a \exp(-bm \ln 10)]$ se puede observar que la probabilidad de ocurrencia de un sismo para un intervalo de tiempo T puede ser determinado en base a valores de a y b, según se observa en la Tabla 3.

Probabilidad de ocurrencia de una determinada magnitud en %	Magnitud (M) para T = 1 año	Magnitud (M) para T = 5 años	Magnitud (M) Para T= 10 años
100	M = 2,0	M = 3,0	M = 4,1
90	M = 3,2	M = 4,3	M = 5,2
80	M = 3,4	M = 4,8	M = 5,4
60	M = 3,8 *	M = 5,2	M = 5,8
40	M = 4,2 *	M = 5,6 *	M = 6,1 *
30	M = 4,5 *	M = 5,9	M = 6,4
10	M = 5,7	M = 7,1	M = 7,5 *

Tabla: Probabilidad de ocurrencia de un terremoto de una determinada magnitud para distintos intervalos de tiempo.

* Valores extrapolados P % de M f (T).

Riesgo sísmico.

La generación de terremotos puede ser considerada como un proceso estocástico de donde se desprende que puede ser expresado como un modelo de Poisson.

Se puede, en consecuencia, definir el Riesgo Sísmico como una probabilidad de ocurrencia de un terremoto de magnitud M o mayor en un período T, relacionando la Magnitud con la Frecuencia media de ocurrencia (Φ), Richter y Gutenberg 1954, como $RT(M) = 1 - e^{-\Phi T}$

Los períodos medios de recurrencia que se obtienen del análisis de la sismicidad del área en estudio permiten establecer las siguientes frecuencias medias.

M (Años)	Frecuencia Medias	Frecuencias
5,2	8	0,125
5,5	11	0,090
6,0	20	0,050

En la Tabla siguiente, se evidencia el Riesgo Sísmico para los sismos de Magnitudes 5,2, 5,5 y 6,0.

Riesgo sísmico (%)	Tiempo (T) para M = 5,2	Tiempo (T) para M = 5,5	Tiempo (T) para M = 6,0
90	18 años	25 años *	48 años
80	12 años *	20 años	32 años *
60	5 años *	11 años	20 años

* Valores extrapolados.

Conclusiones

Por todo lo expuesto es factible sugerir los siguientes parámetros sísmicos.

El coeficiente sísmico zonal para el Carrenleufú varía entre 0.025 y 0.050, pero ha sido calculado con parámetros propios de otras obras (Alicurá, p. ej.).

Son de interés los siguientes datos extraídos de publicaciones del INPRES para la zona de Carrenleufú:

Una intensidad de Mercalli Modificada mayor o igual a VII con una recurrencia de 100 años. Esta intensidad puede ser atribuible a un sismo como el de magnitud 6.0, próximo a la Central La Elena.

Un período medio de retorno entre 50 a 100 años para una aceleración de 0.05g y un riesgo del 10% de producirse una aceleración del 0,10 g en 50 años. Valores que aparecen un tanto bajos para la verificación de estructuras.

Teniendo en cuenta recomendaciones del CIRSOC, para localizaciones en el límite de la zona 1 y la 2, como es el caso que nos ocupa, las aceleraciones máximas para obras fundadas en roca estarían en el orden de 0,08 a 0,16 g. Para obras de infraestructura la probabilidad de excedencia (o inversa del periodo de retorno), aumenta los valores antedichos hasta un 20%.

De acuerdo a este criterio, se podrá seleccionar la magnitud y recurrencia que se considere más adecuada para el riesgo que se desee asumir. Se sugiere optar para cada caso de la siguiente forma, siguiendo los lineamientos tomados en cuenta para verificaciones hechas en Futaleufú:

- Terremoto Básico de Operación (TBO)
- Origen: falla regional
- Periodo de retorno: 145 años
- Magnitud: 7,5
- Aceleración máxima en el sitio: 0,17 g
- Terremoto Máximo de Diseño (TMD)
- Origen: tectónico (contacto intraplacas)
- Periodo de retorno: 4.000 años
- Magnitud: 8,5
- Aceleración máxima en el sitio: 0,40 g

Hidrología. Conocimiento hidrológico

Dado el tiempo transcurrido entre la realización de los proyectos y la actualidad deberían analizarse los principales parámetros hidrológicos para constatar su validez, en especial en cuanto a su rendimiento energético y dimensionamiento de las obras de descarga de seguridad.

La Elena – Río Carrenleufú

El Río Carrenleufú se caracteriza por su no intervención en la utilización del Recurso Hídrico en su aspecto consuntivo, en consecuencia su régimen hidrológico no ha cambiado como consecuencia de acciones antrópicas, en particular en la estación de aforos La Elena.

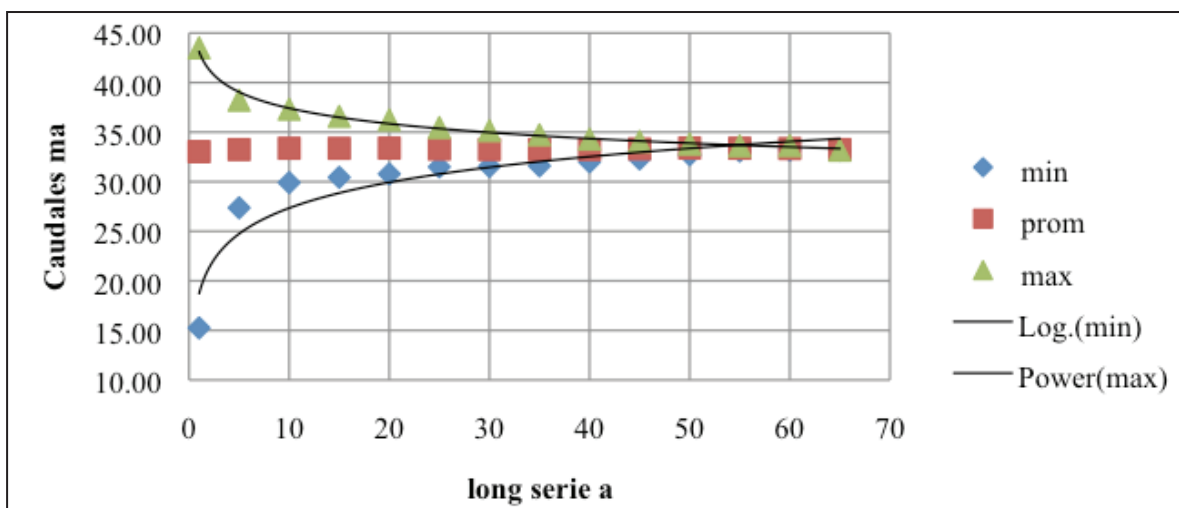
Luego es válido analizar las series utilizadas para el Proyecto Básico de AyE y compararlas con su extensión hasta la actualidad. Esto puede verse analizando los promedios mensuales y anuales:

(m ³ /s)	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	PROM AN
PROM 54-88	20	25	32	36	36	35	39	42	40	32	24	19	32
PROM 54-11	20	27	34	36	36	36	39	43	43	36	27	20	33

Se observa que el valor promedio de los medios anuales se mantiene prácticamente a nivel de 32,5 m³/s, lo cual indica que para estos aprovechamientos, los análisis energéticos, función de las series registradas son válidos.

Sí es posible volver a correr la serie en un modelo adecuado, pero que no mostrará grandes diferencias con los antecedentes.

Igual análisis debe hacerse para el análisis de los valores extremos para asegurar el criterio de la seguridad de las obras incorporando incluso nuevas metodologías.



Estudios Ambientales realizados.

El objetivo de este trabajo es la verificación de los Estudios de Impacto Ambiental del área de interés mediante la utilización de los Estudios realizados, plasmados en la información previa disponible, con la valoración de los mismos, con el fin de evaluar las condiciones de las distintas obras que componen el Aprovechamiento Hidroeléctrico La Elena.

Para la realización de este trabajo, se ha partido de estudios existentes, realizados para dichos proyectos. Para el proyecto del Aprovechamiento Hidroeléctrico La Elena, se cuenta con dos diferentes desarrollos, realizado el primero de ellos por la Gerencia de Ingeniería y Planeamiento de Agua y Energía Eléctrica SE (AYE) en el año 1990, para el proyecto original de La Elena, que incluye el trabajo: Desarrollo Agropecuario y Forestal. Manejo y Conservación de Cuenca, publicado en 1992. El segundo de ellos, corresponde al proyecto de central en caverna, no desarrollado por AYE, del cual no se ha conseguido información suficiente que permita su análisis y evaluación.

La cuenca del Río Carrenleufú se desarrolla en la provincia del Chubut, sus nacientes se ubican en el límite con la República de Chile en el Lago Vintter y recibe del lado chileno el nombre de Lago Palena.

En territorio argentino, el Río describe inicialmente un recorrido hacia el norte, luego hacia el este, bordea las poblaciones argentinas de Corcovado y Carrenleufú y atraviesa la frontera para entrar en Chile y desaguar en el Océano Pacífico en el golfo de Corcovado. La superficie de la cuenca, hasta la frontera, es de 3.150 km², con un recorrido de aproximadamente 130 km y un desnivel de 711 m.

La situación geográfica del Río Carrenleufú lo convierte en un recurso de jurisdicción binacional por lo que su aprovechamiento está condicionado por la vigencia del tratado sobre medio ambiente y el protocolo específico adicional sobre recursos hídricos compartidos, firmado por Argentina y Chile el 2 de agosto de 1991.

La porción argentina de la cuenca se sitúa en el N.O. de la Provincia del Chubut en plena región cordillerana que en la latitud 44 S se encuentra cubierta por la formación boscosa conocida como "Selva Valdiviana". El Río Carrenleufú escurre por un antiguo valle glaciario caracterizado por la existencia de estrechamientos o gargantas, donde se prevé el emplazamiento de las presas, y llanuras aluviales donde se radica la población y se desarrollan las actividades productivas más importantes.

Las condiciones climáticas imperantes en la cuenca determinan una precipitación media anual comprendida entre 590 mm al sudeste y este -clima semiárido patagónico- y 1.750 mm al nornoroeste - clima templado húmedo andino-, en el área sujeta a las condiciones climáticas mencionadas en primer término, se produce déficit hídrico en verano.

Las aguas del Río Carrenleufú son de tipo bicarbonatadas cálcicas y no presentan contaminación orgánica.

El transporte de sedimentos, tanto como carga de fondo y en suspensión, no es relevante.

El salmón del Pacífico y la trucha son las especies ícticas más importantes; utilizan el sistema fluvial del Río Carrenleufú y sus tributarios con fines tróficos y/o reproductivos. En la actualidad este recurso es poco aprovechado y solo constituye un atractivo para la pesca deportiva.

Las aguas del Río Carrenleufú se utilizan actualmente en forma poco diversificada. Al uso descripto anteriormente se suman el recreativo y el riego de pasturas naturales e implantadas, en el valle situado entre el A° Poncho Moro y la localidad de Corcovado. En este valle, y en el situado inmediatamente aguas abajo, se desarrolla la actividad ganadera bovina, que resulta significativa para la economía de la cuenca. La implantación en estos valles de especies forestales exóticas reviste singular grado de importancia.

La explotación de especies forestales nativas, ya sea como madera fina o leña, ha decaído en los últimos años, a pesar de ser este uno de los recursos naturales que permiten calificar a la cuenca con ventajas comparativas en este rubro, respecto de cuencas vecinas.

La mayor parte de la población se concentra en pequeños núcleos urbanos: Corcovado, Carrenleufú, Cerro Centinela y Palena (esta última situada en territorio Chileno).

La economía del área y la fuente de subsistencia de la población, giran en torno a la producción agroforestal y al empleo público provincial, concentrado este último en las áreas de administración, salud, educación e inclusive en la producción industrial, como es el caso del aserradero provincial, situado en Corcovado.

La infraestructura, el equipamiento y los servicios son provistos casi en su totalidad por el Estado provincial, y municipal en su defecto.

Para poder evaluar el impacto que la obra tendrá en el medio y, consecuentemente, los efectos que el medio podría tener sobre la obra, se realizó un diagnóstico ambiental sobre los subsistemas involucrados.

Una vez conocido el funcionamiento del sistema e identificadas las principales variables que inciden sobre la dinámica del mismo, fue posible avanzar en la Evaluación del Impacto Ambiental.

La herramienta metodológica tomada como punto de referencia fue la matriz causa-efecto elaborada por International Commission on Large Dams (ICOLD), aplicada por AYE en las evaluaciones de otros proyectos hidroeléctricos.

La matriz está conformada como una tabla de doble entrada, donde se representan sobre un eje los efectos sobre el ambiente económico, social, geofísico, hidrológico, climático y biológico, y sobre el otro eje (vertical), se detallan las características de la acción involucrada diferenciando el uso a que se destinará el agua, el tipo de acción, las áreas afectadas, las medidas correctivas propuestas y los aspectos institucionales-legales.

El impacto global de la obra se divide en una serie de impactos ambientales, permitiendo identificar cada factor y cada acción ejercida. Esta matriz está acompañada por comentarios escritos donde se explica y justifica la interpretación del usuario.

Con este análisis, se han determinado los impactos tanto positivos como negativos que tendrá el proyecto. Entre los impactos positivos del embalse, cabe destacar la generación de energía eléctrica, la que contribuirá a disminuir la generación térmica, reduciendo así el consumo de combustibles. Durante la construcción de la obra, se producirá un impacto positivo sobre la industria y comercios proveedores de insumos y materiales, aumento de la oferta laboral con mayor demanda de mano de obra. Construida la presa, se generará la posibilidad de desarrollar un polo turístico, se mejorarán las vías de comunicación locales. Asimismo, la presa contribuirá a mejorar las condiciones de regulación del río, permitiendo controlar eventuales crecidas del mismo.

Un impacto negativo importante lo constituye la desactivación de un tramo del Río (13,6 km), ya que la central se propone realizarla a distancia, a unos 7 km del embalse, lo que ocasionará un fuerte impacto sobre las comunidades bióticas del río. Asimismo, para no impactar negativamente sobre condiciones ecológicas del valle inferior, es necesario el mantenimiento de un caudal ecológico, de manera que no se deba depender de los aportes de los tributarios hasta la confluencia con el Río Hielo.

La presa ejercerá un efecto negativo sobre los actuales desplazamientos de las poblaciones de peces, ya que cortará sus rutas migratorias, tanto reproductivas como tróficas.

Dado que el Río Carrenleufú desagua en el Océano Pacífico, en territorio chileno, el manejo del embalse durante la operación de la central, debe realizarse de manera tal de producir las menores oscilaciones posibles en su caudal, para minimizar los impactos ecológicos que producirían sus fluctuaciones.

Dentro de estos análisis realizados por AYE, en el año 1992 se elaboró el trabajo: "Desarrollo Agropecuario y Forestal. Manejo y Conservación de Cuenca", vinculado con el área que sería afectada por el Cierre La Elena. El objetivo de este trabajo, era en primera instancia, el de demostrar, a nivel Inventario, las posibilidades técnicas y económicas de desarrollar un proyecto de producción agropecuaria a partir de los beneficios generados por el Proyecto Hidroeléctrico La Elena.

Con ese objetivo, se realizó un Inventario y Evaluación de Tierras del área afectada, se realizaron Estudios Agroclimáticos, se analizaron Aspectos Agroeconómicos (actividad agrícola, riego, ganadería, etc.), se plantearon Alternativas Productivas, teniendo en cuenta el uso integrado del valle y montaña practicado por los pobladores de Corcovado y se analizaron distintas alternativas de derivación de agua para riego, como así también se analizaron las condiciones de drenaje del lugar. Los análisis económicos del proyecto productivo, concluyeron que el mismo tenía resultados aceptables para un proyecto agropecuario-forestal.

Como resultado de los estudios ambientales desarrollados por AYE, se obtuvo:

Plan de Manejo y Conservación de Cuencas.

Formulación de un proyecto de producción agropecuario y forestal bajo riego.

Definición de criterios para determinación de caudales mínimos a erogar durante la operación del embalse y durante el llenado del embalse.

Conclusiones del impacto

Del análisis de los estudios ambientales realizados para los proyectos que se han revisado, en principio puede concluirse que los mismos presentan impactos positivos y negativos sobre el ambiente. No obstante, surge la necesidad de actualizar los mismos, en particular los proyectos sobre el Río Carrenleufú, dado el tiempo transcurrido desde la realización de los mismos.

Debería realizarse una nueva evaluación del uso de la tierra, cuya ocupación puede ser diferente con referencia al momento de realizarse los estudios mencionados. Asimismo, las nuevas técnicas productivas y tecnológicas aconsejan revisar los proyectos de desarrollo forestal y agropecuario que se desarrollaron en su momento.

De igual manera, es posible que el Medio Socio-económico del área sea diferente del existente en los momentos en que se desarrollaron los estudios, por lo cual es posible que las demandas de ocupación territorial y de uso del recurso suelo y agua pudieren no coincidir con las demandas actuales.

Definición del proyecto de obra disponible

Cierre La Elena

A escasa distancia aguas abajo de la confluencia del Río Carrenleufú con el Arroyo El Cuatro se entra en una estrecha garganta labrada en andesita masiva. Este sitio fue seleccionado para la ubicación del cierre La Elena en progresiva Km 73,3.

El Aprovechamiento del Río Carrenleufú en La Elena se realiza mediante la ejecución de un cierre frontal al Río y sus estructuras anexas compuestas por las obras de control y generación. El embalse se materializa a cota 740 IGM, con un Nivel Máximo Extraordinario de 743,5 IGM. El aprovechamiento está constituido por:

- Una presa de arco.
- Una presa lateral de materiales sueltos.
- Un aliviadero principal adyacente a la presa y un aliviadero auxiliar sobre la misma.
- Dos descargadores de fondo incorporados a la presa.
- Las obras de generación, compuestas por una toma en el embalse, una conducción en túnel; chimenea de equilibrio, tubería forzada y central hidroeléctrica externa.

El desvío del Río se realiza mediante la ejecución de una obra en margen izquierda, que consta de un canal de acceso, toma, conducción en túnel y restitución al Río Carrenleufú. El túnel presenta una longitud de 105m.

El aliviadero principal se ubica adyacente a la presa de arco en la Margen Derecha. Es de tipo superficial y descarga libre, compuesto por un canal de acceso, un cuerpo vertedor con cota de cresta a 740 IGM, un cuenco de disipación y canal de restitución. La longitud total del vertedero es de 40m.

El vertedero auxiliar, incorporado a la presa de arco es también superficial y de descarga libre. Su cota de cresta es 741,4 IGM Y su longitud 25,70m.

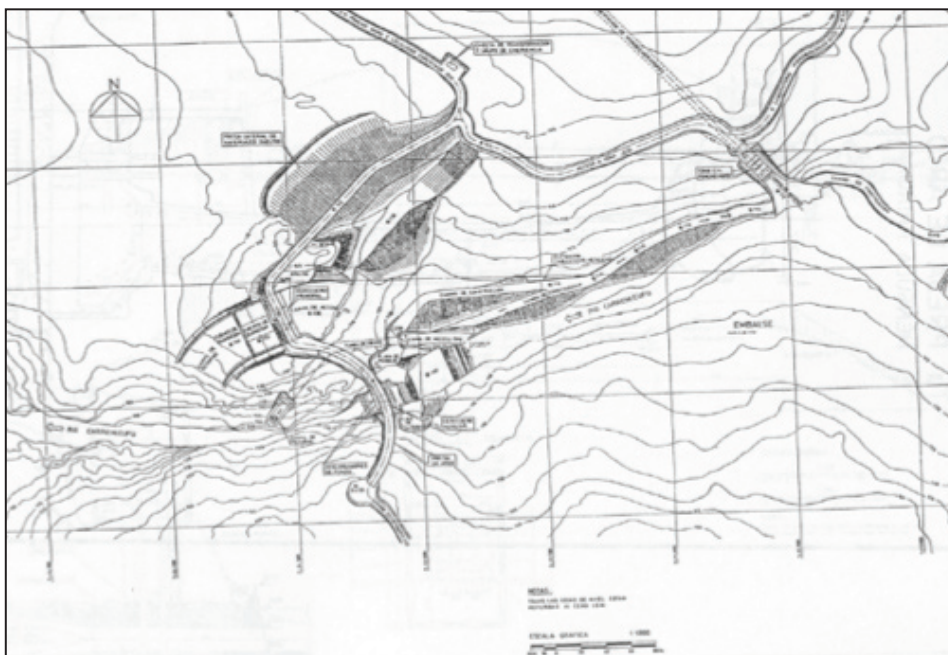
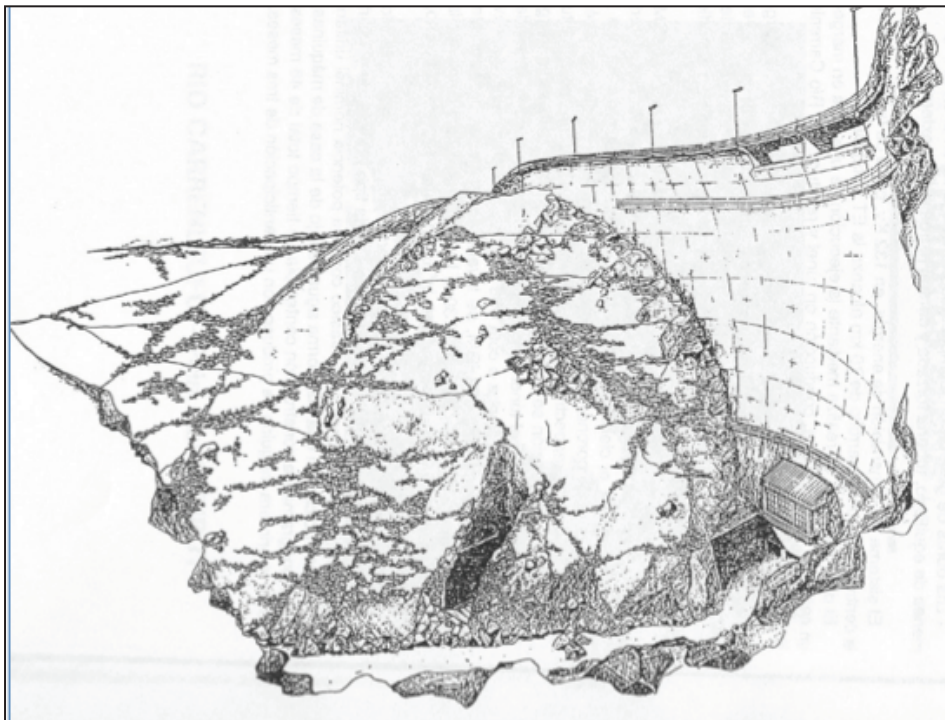
La presa de arco es de doble curvatura, coronamiento a cota 744,5 IGM, altura de 40m y longitud de 141m. El estribo de margen derecha permite vincular la presa con el Vertedero Principal.

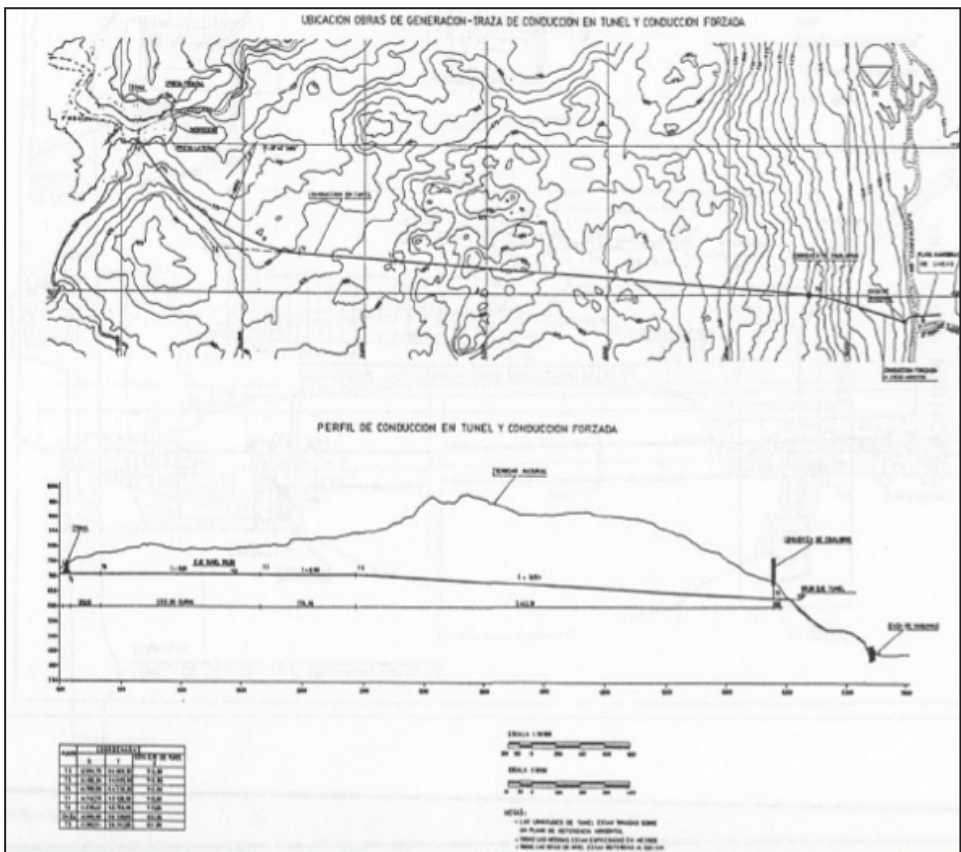
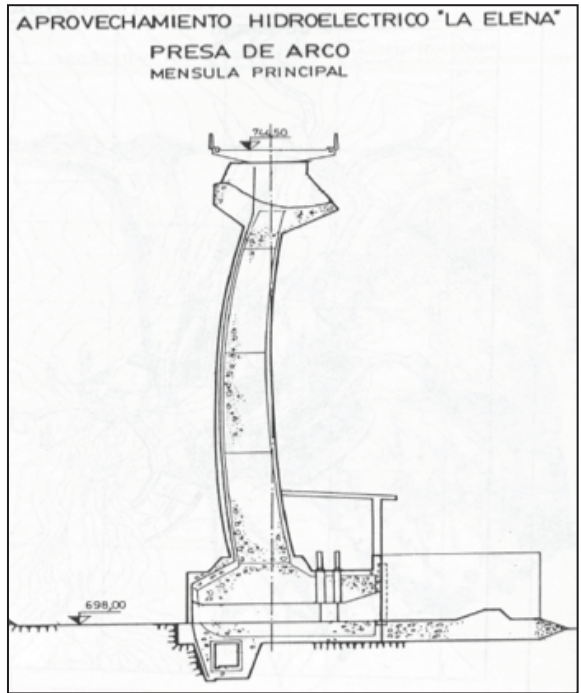
Para completar el cierre frontal, en Margen Derecha se proyecta una presa lateral de materiales sueltos, con cota de coronamiento 745 IGM. Esta presa es de tipo homogénea con taludes 1:3 y 1 :2,5 aguas arriba y abajo respectivamente. Su longitud es de 232m, con una altura máxima de 10m.

La obra de generación se inicia mediante una toma ubicada en la margen derecha del embalse. A continuación comienza el túnel de conducción en una longitud aproximada de 5.795m hasta la chimenea de equilibrio. Esta arranca a cota 633 IGM, con un túnel vertical excavado en roca y revestido en hormigón. A partir de cota 692 IGM se levanta la chimenea propiamente dicha, alcanzando la cota 753 IGM, con un diámetro interno de 30m. Hacia aguas abajo comienza la conducción forzada en túnel, de aproximadamente 80m, y luego la tubería forzada a cielo abierto, con un diámetro de 4m y 767m de longitud.

La central hidroeléctrica es un edificio externo y cubierto, que aloja dos grupos hidrogeneradores de 50 MW de potencia unitaria. Las turbinas son de tipo Francis, de eje vertical, cada una de ellas acoplada a un generador sincrónico trifásico con una potencia nominal unitaria de 59 MV A. Los transformadores se ubican en una plataforma aguas abajo de la casa de máquinas, a cota 468,8 IGM.

El sistema de transmisión de energía en 132 KV parte de una playa de maniobras, situada frente a la central y con un desarrollo de 70 km que alcanza la ET Futaleufú.





Cierre La Elena

Características del embalse

Nivel máximo normal de operación	m	740,0
Nivel mínimo de operación	m	727,0
Cota de coronamiento de las obras	m	744,5
Caudal medio anual	m ³ /s	34,0
Área del embalse a nivel máximo normal	km ²	17.0
Volumen del embalse a nivel máximo normal	Hm ³	227.0

Características energéticas del aprovechamiento

Energía media anual generada	GWh/a	649.0
Potencia instalada	MW	100.0
Factor de planta		0,73

Características del proyecto

Presa

Tipo		Arco doble curvatura
Longitud	m	141.0/232,0
Altura máxima sobre nivel de fundación	m	40/10

Central hidroeléctrica

Cantidad de unidades		2,0
Tipo de turbinas		Francis
Potencia nominal unitaria	MW	50,0
Caudal de diseño	m ³ /s	68,0
Salto	m	272,0
Velocidad de rotación	rpm	500.0
Generadores. Potencia unitaria	MVA	59,0
Cantidad de transformadores		2
Potencia unitaria transformador	MVA	59,0

Aliviadero

Caudal de diseño	m ³ /s	509.3/154,9
Longitud neta	m	40.1/25.7

Conducción

Tipo		Túnel no revestido
Cantidad/ Longitud	Nº/m	1/5795.0
Sección bruta	m ²	43.0

Conducción forzada

Cantidad		1
Longitud	m	767,0
Diámetro conducto	m	13,0

Volúmenes de obra

Excavaciones	m ³	699.360
Macizos	m ³	95.804
Hormigones	m ³	76.541

Presupuesto de las obras

La elaboración de los presupuestos de los aprovechamientos en análisis se basó en fórmulas de pre dimensionamiento estimativas, generadas a partir de centrales hidroeléctricas ya construidas, y en los presupuestos originales realizados por Agua y Energía Eléctrica (AyEE) en sus proyectos de la década del 90. Los resultados se consideran acordes a la actual etapa de proyecto, y permiten un análisis preliminar del negocio energético en el sitio de interés. Los criterios de diseño utilizados fueron en todos los casos conservadores, lo que permitirá en etapas posteriores una reducción de la incertidumbre y potencialmente una mayor rentabilidad.

Es importante destacar que no se han revisado los costos socio-ambientales del presupuesto original para la realización de medidas de mitigación y control de impactos, posibles costos por expropiación de tierras y los costos legales asociados, todos de difícil estimación en esta etapa de proyecto. Se supone que estos posibles sobrecostos están contemplados dentro del margen de contingencias adoptados.

En base a los detalles de diseño de los proyectos de AyEE, se definieron los principales parámetros del aprovechamiento, el equipamiento necesario y los componentes eléctricos auxiliares. El cálculo de los presupuestos se basó en los costos detallados en los proyectos originales, que fueron actualizados a partir de su año base mediante los índices "Construction cost trends" publicados por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos. El análisis se complementó con la utilización de software y manuales específicos para el costeo de aprovechamientos hidroeléctricos.

Manual de inventario hidroeléctrico

El Manual para estudios de inventario hidroeléctrico presenta un conjunto de criterios, procedimientos y recomendaciones para la realización de estudios de inventario hidroeléctrico de aprovechamientos con potencias instaladas mayores a 30 MW.

En esta fase de los estudios de inventario, las estructuras y equipos que conforman el proyecto hidroeléctrico no pueden ser definidos en detalle porque no es suficiente el conocimiento sobre las condiciones locales topográficas y geológicas. El proceso de diseño de las estructuras y el equipamiento consiste en seleccionar de entre las soluciones típicas estándar, y con base en la experiencia actual, los que mejor se adapten a las características físicas del sitio en estudio, con criterios y supuestos conservadores.

El Manual permite calcular individualmente los costos de las diferentes estructuras en función de los importes de la construcción civil, servicios y equipos necesarios. Posteriormente se organiza el presupuesto general, desglosado en costos directos, costos indirectos, intereses durante la construcción y contingencias. Los costos directos son calculados en base a los presupuestos individuales de cada obra, los costos indirectos como porcentajes de los costos directos, los intereses intercalares como función de la tasa de interés y del periodo de construcción y las contingencias en función al valor total de la obra y asociado a la incertidumbre en este nivel de proyecto

Modelo RETScreen

De acuerdo a datos del desarrollador, las fórmulas de costeo utilizadas por el modelo arrojan en promedio costos 11% superiores a los costos de un proyecto ejecutivo/básico. Estas diferencias, consideradas dentro del margen por contingencias del presupuesto, se consideran aceptables para proyectos a nivel de prefactibilidad.

Estas fórmulas se generaron a partir de una extensa base de datos de proyectos completados de pequeñas centrales hidroeléctricas en todo el mundo, y permiten la realización de un análisis de costos detallados a partir de una mínima cantidad de datos necesaria. Los costos base utilizados por el programa se encuentran ajustados para Canadá, por lo que se debieron calcular factores de ajuste del costo de combustible y de la mano de obra para su utilización en Argentina.

En todas las alternativas analizadas se buscó compatibilizar los dimensionamientos previos con los realizados utilizando el Manual de inventario hidroeléctrico, como se explicó en el punto anterior. Comprobada la buena concordancia entre los resultados, se utilizaron los presupuestos obtenidos mediante el modelo RETScreen para la evaluación económico-financiera.

Presupuesto "La Elena" actualizado

SECTOR	CONCEPTO	MONTO
Conducción	Obra de toma	5,460,648
	Túnel de conducción	31,620,195
	Desembocadura túnel de conduc.	2,528,328
	Chimenea de equilibrio	10,087,023
Tubería forzada	Obra civil	6,035,579
	Obra electromecánica	23,439,572
Obras de cierre y alivio	Presa de arco - Vertedero auxiliar estribo margen derecha	11,058,757
	Presa de materiales sueltos	849,102
	Vertedero principal	7,965,459
	Descargador de fondo	3,018,557
	Obras de desvío, obra de toma, túnel y descarga	2,330,198
	Ataguías	301,151
	Camino provisorio obra de toma conducción - obra de toma desvío	329,520
	Caminos secundarios	201,570
	Puente sobre vertedero principal	212,705
Puente sobre vertedero auxiliar	133,860	
Central hidráulica		33,592,850
Caminos y puentes	Caminos de vinculación	3,598,569
	Puente de acceso a la central	722,493
	Puente Río Carrenleufú	703,204
Turbinas		12,063,878
Generadores		16,548,011
Válvulas		7,049,817
Equipamiento hidromecánico	Obra de toma	1,728,596
	Descargador de fondo	213,257
	Central hidráulica	1,258,197
Grúas	Obra de toma	946,830
	Central hidráulica	2,028,781
Equipamiento eléctrico	Obra de toma	236,952
	Descargador de fondo	9,791
	Central hidráulica	9,871,921
Sistema de transmisión	Playa de maniobras eléctricas Poncho Moro	2,771,958
	Ampliación playa estación transformadora en Futaleufú	8,530,476
	Línea de transmisión en 132 kv	9,399,562
	Transporte y montaje	4,543,216
Plan de gestión ambiental		1,870,485
Afectaciones		904,727
PRECIO TOTAL APROVECHAMIENTO		224,165,795

SECTOR	CONCEPTO	MONTO
Estudios de factibilidad y del sitio de obra		4,483,316
Estudios ambientales		4,483,316
Diseño de detalle y documentación de obra		8,966,632
Supervisión de obra		11,208,290
COSTO INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN		29,141,553
PRECIO TOTAL		253,307,348

Evaluación económica

Introducción

Con el objetivo de proveer los elementos necesarios para decidir acerca de la aceptación o rechazo de los proyectos de los Aprovechamientos Hidroeléctricos estudiados en el presente trabajo, se ha procedido a evaluar económicamente a los mismos.

La evaluación económica y financiera de proyectos tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo y es un método de análisis útil para adoptar decisiones racionales sobre el destino de los fondos a invertir. El objetivo de la evaluación es la obtención de elementos de juicios necesarios para la toma de decisiones de ejecutar o no el proyecto, respecto a las condiciones que ofrece dicho proyecto.

En las decisiones de inversión aparecen recursos que se asignan y resultados que se obtienen de ellos: los costos y los beneficios. Los criterios para analizar inversiones hacen un tratamiento de los beneficios y costos de una propuesta de inversión, beneficios y costos que en la mayoría de los casos no se producen instantáneamente, sino que pueden generarse por periodos más o menos largos.

Por analizar la viabilidad de una inversión puede entenderse el hecho de plantear si los ingresos derivados del proyecto de negocio van a ser suficientes para hacer frente a los compromisos adquiridos, y en qué medida ese proyecto va a ser rentable.

La evaluación para analizar proyectos de inversión se basa normalmente en el análisis de los ingresos y gastos relacionados con el proyecto, teniendo en cuenta cuándo son efectivamente recibidos y entregados con el fin de determinar si son suficientes para soportar el servicio de la deuda contraída y de retribuir adecuadamente el capital aportado para la ejecución del proyecto.

La Evaluación Económica que se ha realizado es desde el punto de vista del inversor privado, contemplándose todos aquellos elementos que pudieran influir sobre la rentabilidad empresarial y se han considerado en el análisis todos los costos correspondientes, incluyéndose los impuestos de carácter nacional y provincial.

La Evaluación del proyecto de las centrales hidroeléctricas se realizó comparando los Costos Actualizados con los Beneficios Actualizados de las mismas. Se han contemplado en la evaluación financiera los beneficios que otorga la Ley N° 26.190 "Régimen de Fomento para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica" y los ingresos por los beneficios del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Se describen a continuación la Metodología desarrollada y los criterios utilizados en la Evaluación Económica de los Proyectos de los Aprovechamientos Hidroeléctricos La Elena, La Caridad y Huelches.

Criterios de evaluación económica

De acuerdo a lo expresado en la Propuesta presentada para llevar a cabo el estudio, la Evaluación Económica de los proyectos se realizó comparando los Costos Actualizados con los Beneficios Actualizados de cada uno de los mismos.

Los Costos Totales de cada uno de los diferentes aprovechamientos hidroeléctricos, fueron obtenidos sumando los correspondientes a la Inversión Total (Obras civiles, turbinas, generadores, compuertas, tuberías, sistemas de transmisión asociados, etc.), más los Gastos Anuales de Operación y Mantenimiento.

El cálculo de los Beneficios del proyecto, se realizó considerando que el mismo tendrá ingresos por venta de la energía eléctrica generada en la central.

En este análisis, se han considerado dos escenarios posibles para la determinación del precio de venta de la energía eléctrica generada por los aprovechamientos hidroeléctricos en estudio, los cuales son: Precio del Monómico Medio de venta de energía eléctrica en el MEM; y el Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME).

Precio del Monómico Medio: En primer lugar, se considera que toda la producción energética se comercializará en el Mercado Mayorista Eléctrico (MEM) a los precios de venta actuales de la energía eléctrica, habiéndose adoptado para este trabajo el valor medio del monómico correspondiente al período Enero 2012 - Diciembre 2012. Para determinar el valor medio del monómico de este período, se tomaron los valores medios mensuales obtenidos de CMMESA y se convirtieron a dólares estadounidenses utilizando la paridad cambiaria correspondiente.

En el cuadro siguiente, se muestran los valores de los precios monómicos mensuales del período considerado, la paridad cambiaria utilizada y el valor mensual del monómico expresado en U\$/MWh. El valor promedio de la energía para el período Enero 2012 - Diciembre 2012 es igual a U\$ 56 /MWh.

Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME): El CME, ha sido tomado igual al costo medio de generación de un Ciclo Combinado nuevo, considerando los costos totales de construcción, operación, mantenimiento y combustibles.

Los valores característicos del Ciclo Combinado Turbogás-Turbovapor son:

Inversión: U\$S 800 /KW

Consumo específico: 1.600 kcal/KWh

Proporción de Combustibles:

Gas Natural = 70%

Gas Oil = 30%

Precios de Combustibles:

Gas Natural: U\$S 16,00 /106 kcal

Gas Oil: U\$S 0,8 /litro

Vida útil: 30 años

Horas de Funcionamiento Anual: 7.000 hs

Operación y Mantenimiento anual: U\$S 2/kW-h

Utilizando estos parámetros, el Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME) resulta igual a U\$S 85/MW-h.

Impuestos y Tasas: En el presente trabajo, se ha considerado la aplicación del Impuesto a las Ganancias, con una tasa del 35%, además del impuesto a los Ingresos Brutos, con una tasa del 3%.

Asimismo, se ha considerado la aplicación del canon por Regalías Eléctricas que se aplica a nivel provincial y que está fijado en el 12% de los ingresos por venta de energía eléctrica. Se ha realizado una sensibilidad de este canon tomando valores iguales al 6% y también se ha considerado la no aplicación del mismo (0%).

Flujos de fondos: Teniendo en cuenta estos criterios de evaluación, los flujos representativos de los Costos y los Beneficios del proyecto fueron valorizados de la siguiente manera.

Costos

Inversión Total: se representó por los presupuestos de cada uno de los proyectos que se elaboraron en función de la información técnica disponible, tomando para todos una única fecha de referencia de los costos.

Se elaboró también el cronograma constructivo y su respectivo cronograma de inversiones, lo que permitió calcular los intereses durante la construcción.

Costos de Operación y Mantenimiento Anual: se estimaron como un valor porcentual de la inversión directa total realizada.

Beneficios

La determinación de los beneficios de cada proyecto se realizó valorizando su producción energética con el valor medio del monómico del MEM correspondiente al período Enero 2012 - Diciembre 2012 y con el Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME).

Obtenidos de esta manera tanto los Costos como los Beneficios del proyecto, para obtener los Costos Actualizados de los proyectos, los Costos de Inversión Total y los de Operación y Mantenimiento Anuales, fueron actualizados al momento de puesta en marcha del emprendimiento utilizando las Tasas de Descuento adoptadas.

Se han calculado los Intereses Intercalares, aplicando las Tasas de Interés del 8%, 10% y 12% anual. Con el mismo procedimiento, se actualizaron los Beneficios de los proyectos, obteniéndose así los Beneficios Actualizados de los mismos.

Indicador de valor

En este trabajo, el criterio utilizado para comparar los flujos de Beneficios y Costos que se utilizaron es el Valor Presente Neto (VPN) para Tasas de Descuento del 8%, 10% y 12% anual.

Tasas de descuento

La Tasa de Descuento utilizada en la determinación del VPN fue cuidadosamente elegida, dado que tasas elevadas favorecen a los proyectos de baja inversión y alto costo de mantenimiento, mientras que bajas Tasas de Descuento favorecen a emprendimientos de alta inversión inicial y bajos costos de mantenimiento, tal cual son los aprovechamientos hidroeléctricos.

Hay diferentes criterios para la definición de la tasa a adoptar, quizás la más adecuada sería la utilización de tasas diferenciadas en el tiempo, para cada período en que se obtienen los beneficios netos: esto supone que los ingresos netos se reinvierten a la tasa vigente en ese período. Sin embargo, este criterio tiene el inconveniente de tener una imprevisión en el comportamiento futuro de las tasas de interés.

Como resultado de los estudios efectuados, se adoptó una tasa base del 10%, efectuándose sensibilidades al 8% y 12%.

Bonos de carbono

En el presente trabajo, se han sumado a los Beneficios de los proyectos hidroeléctricos, potenciales ingresos por comercialización de los Bonos de Carbono del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en las oportuni-

dades en que el proyecto no fuera rentable. En el presente trabajo, se ha adoptado el valor de U\$S 6 para la tonelada de CO₂ equivalente.

Se han considerado ingresos por MDL para períodos de 7, 14 y 21 años.

Período de evaluación

Se ha tomado un período de evaluación de 30 años.

Análisis de resultados

En el caso de La Elena, se puede observar en la tabla que el mismo presenta una rentabilidad negativa si se consideran sus beneficios valorizados con el costo monómico medio del MEM (U\$S 56/MW-h), no logrando obtener un Valor Presente Neto (VPN) positivo para las Tasas de Descuento utilizadas, a pesar de contar con los beneficios del MDL.

En el caso de que los beneficios de La Elena fueran valorizados con el Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME), la rentabilidad del proyecto mejora notablemente, mostrando Tasas Internas de Retorno superiores al 10%.

HIPÓTESIS PRECIOS	VALOR TARIFA (U\$S/MWh)	MECANISMO DESARROLLO LIMPIO (Años)	VALOR PRESENTE NETO (\$)		
			TASA DE DESCUENTO		
			8%	10%	12%
BASE - 12% CANON PROVINCIAL	85.00	0	61,331,453	8,475,261	-41,630,039
		7	65,710,571	14,488,052	-34,902,118
		14	69,492,351	17,598,097	-32,052,504
		21	71,698,983	19,194,041	-30,889,991
6% CANON PROVINCIAL	85.00	0	82,230,402	28,639,667	-21,822,761
		7	87,450,395	34,330,646	-14,339,162
		14	91,232,175	37,440,690	-11,769,217
		21	93,438,807	39,036,635	-10,606,705
0% CANON PROVINCIAL	85.00	0	103,129,351	46,826,357	-2,562,511
		7	109,190,220	52,534,892	5,192,243
		14	112,971,999	55,644,937	7,762,188
		21	115,178,632	57,240,882	8,924,701

HIPÓTESIS PRECIOS	VALOR TARIFA (U\$\$/MWh)	MECANISMO DESARROLLO LIMPIO (Años)	VALOR PRESENTE NETO (\$)		
			TASA DE DESCUENTO		
			8%	10%	12%
BASE - 12% CANON PROVINCIAL	56.00	21	-41,326,468	-89,639,394	-130,694,942
6% CANON PROVINCIAL	56.00	21	-22,826,800	-72,969,906	-115,912,966
0% CANON PROVINCIAL	56.00	21	-4,839,233	-56,516,261	-101,189,417

Conclusiones y recomendaciones

Los proyectos en relación a los PET: En relación al aprovechamiento del Carrenleufú, los proyectos se incluyen en los planes de desarrollo estratégico taxativamente.

En relación a los estudios ambientales: impacto moderado.

Los estudios hidrológicos: son suficientes con un adecuado registro de datos que permiten asumir como confiables la producción energética. En cuanto a los caudales de seguridad para el dimensionamiento de las obras de evacuación podrían verificarse con la actualización de datos nuevos en los registros, aunque no aparecen como influyentes en los criterios de diseño utilizados.

Los estudios geológicos y geotécnicos: En lo referente a las condiciones geológicas y geotécnicas del proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico la Elena elaborado por agua y energía eléctrica s.e. (aye), cabe destacar que la orientación de los estudios geológicos y geotécnicos realizados tuvo como finalidad esclarecer acerca de los principales condicionantes que aparecían en La Elena, a saber los depósitos morénicos presuntamente permeables en el área del vaso de la presa, y la debilidad matricial y estructural que presenta el sustrato rocoso granítico (Granitoide Río Hielo) en el área de la tubería forzada y la casa de máquinas.

En lo que concierne a los depósitos morénicos, los resultados de los estudios permitieron concluir que los potenciales problemas que se presentaban, no tenían la magnitud que se preveía y que si pueden producirse pérdidas de agua, éstas serían mínimas y no entrañarían arrastre de materiales

En lo que concierne al sustrato de fundación en el área tubería forzada y central, los primeros estudios habían detectado, una debilidad tanto matricial (alteración) como estructural en el macizo rocoso en la zona de implantación de estas obras, por lo cual se modificó el criterio de diseño de la obra pasando a considerar una tubería de conducción exterior, lo cual fue posible dado la existencia de roca apta para fundar a una profundidad aceptable.

El resto de las obras civiles del proyecto no presenta dudas sobre la viabilidad técnica de su construcción. La primera estimación del costo de la obra asciende a 253,3 millones de dólares.

El análisis de la disposición y de los componentes de las obras en La Elena se ha desarrollado lo suficiente como para adoptar la solución prevista, aunque puede aparecer algún condicionante de tipo ambiental que condicione la cota de coronamiento.

