22

Evaluación de Aprovechamientos Hidroeléctricos de Bajo Impacto Ambiental

Aprovechamiento La Caridad - Provincia de Chubut

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

CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin previo permiso escrito del editor.

CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

APROVECHAMIENTO LA CARIDAD
PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Ing. José María Ochoa
Ing. Oscar Leandro Labatti

Área de Pensamiento Estratégico

Diciembre 2013

Coordinación:

Comisión de Energía

Cámara Argentina de la Construcción

Ing. Eduardo ROMERO ONETO

Ing. Enrique Pablo VIDELA

Índice

Argentina, panorama energético 7
Demanda energética argentina 8
La oferta energética nacional 11
Sector de energías renovables 12
Distribución geográfica 14
Caso de estudio La Caridad 15
Marco general del estudio de LA CARIDAD 15
Comparación de parámetros con centrales del área 15
Ventajas comparativas 16
Alcances y componentes de la evaluación 17
Descripción de la cuenca – PET Regional 17
Cuenca del Río Carrenleufú 17
Marco Geológico Regional 19
Hidrología 19
La Cuenca y los PET 21
La Cuenca como Unidad del Plan Estratégico Regional 21
Líneas estratégicas del planeamiento de Chubut al 2016 21
El recurso en la Cuenca 23
Cuenca del Carrenleufú o Corcovado 23
Principales características 23
Estudios Ambientales realizados 24
Definición del Proyecto de Obra Disponible 24
Cierre La Caridad Ficha Técnica 27
Ubicación geográfica 27
Características del embalse 27
Características energéticas del aprovechamiento 27
Características del proyecto 28
Prefactibilidad presupuesto de las obras 29
Costos y Presupuestos 29
Criterios generales 30
Manual de inventario hidroeléctrico 30
Modelo RETScreen 31
Resumen de resultados 31
Principales planillas de los presupuestos 31
Aprovechamiento La Caridad, costo del equipo de generación 32
Evaluación económica 35
Criterios de evaluación económica 36
Precio del Monómico Medio 36

Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo 36
Impuestos y Tasas 37
Flujos de fondos 37
Beneficios 37
Indicador de valor 38
Tasas de descuento 38
Bonos de carbono 38
Período de evaluación 38
Análisis de Resultados 39
Conclusiones y Recomendaciones 40
Conclusión final 41

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 transdisciplinar[1], 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.

[1]La 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, pag. 741.
[2]Véanse 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 regulación[3] 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

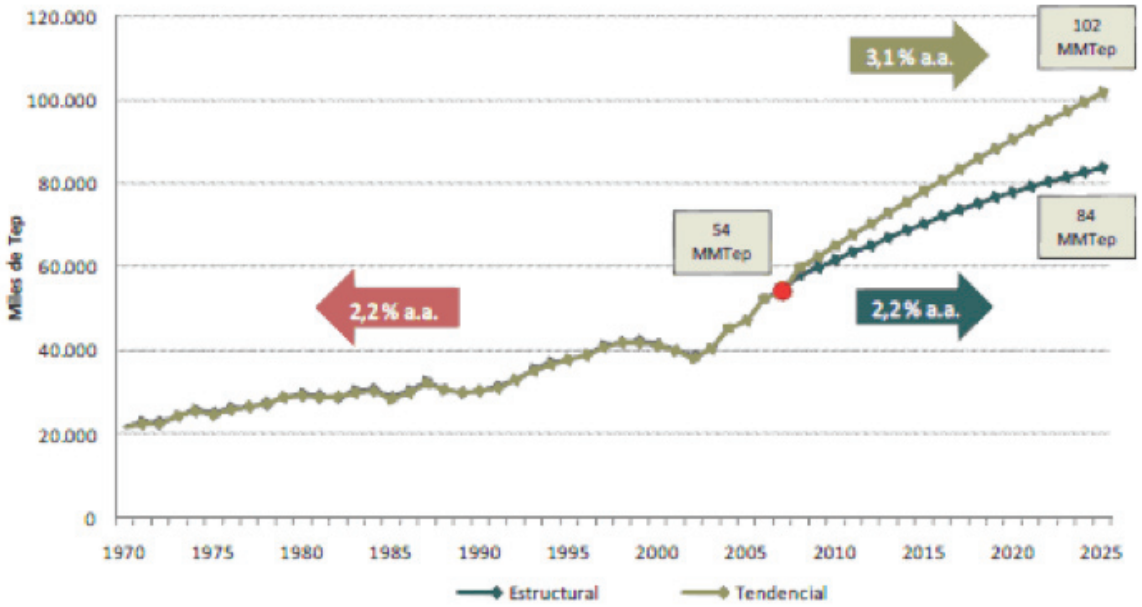
Para la caracterización de la demanda, sobre todo haciendo un esfuerzo de prospectiva a futuro, se ha tomado como base el trabajo de la Secretaría de Energía (2008)[4]. Éste plantea que, dentro de ciertos límites, para un mismo Escenario Socio-Económico, se pueden satisfacer los requerimientos de energía 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, aún 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.

[3]Ver 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.
[4]Secretaría 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.

Prospectiva de la demanda final de energía 2004-2025.



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 morigera 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)

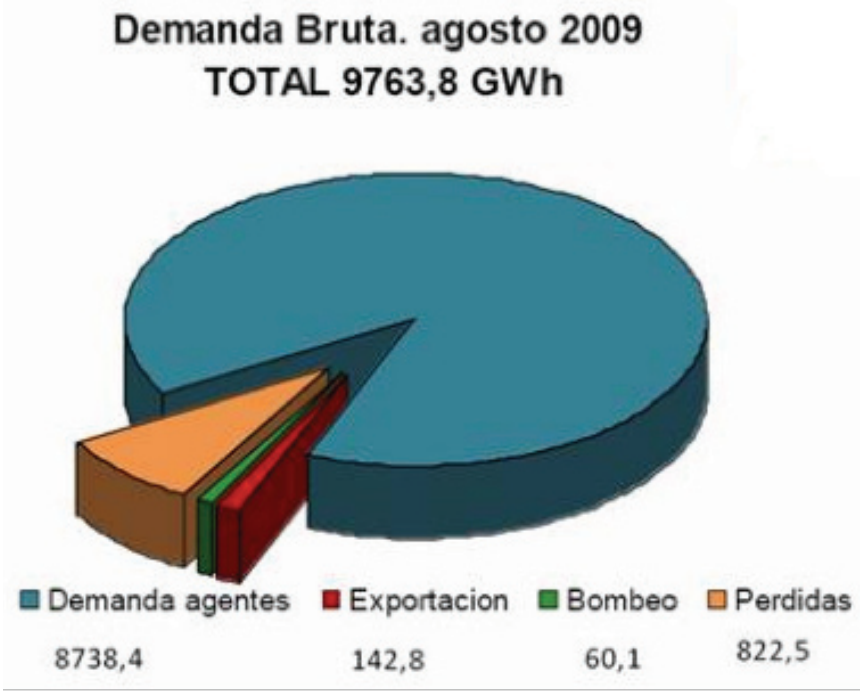
	2008	2015	2020	2025	Tasa a.a.%
Residencial	13.503	16.705	18.706	20.854	2,6%
Comercial y Público	4.689	6.255	7.266	8.198	3,3%
Industria	15.367	21.629	25.987	29.937	4,0%
Transporte	14.804	18.097	20.599	22.921	2,6%
Agropecuario	6.477	8.382	9.496	10.342	2,8%
No Energético	5.239	7.232	8.614	9.823	3,8%
TOTAL	**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%

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-

[5]Ver 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 las extracción de estos combustibles.

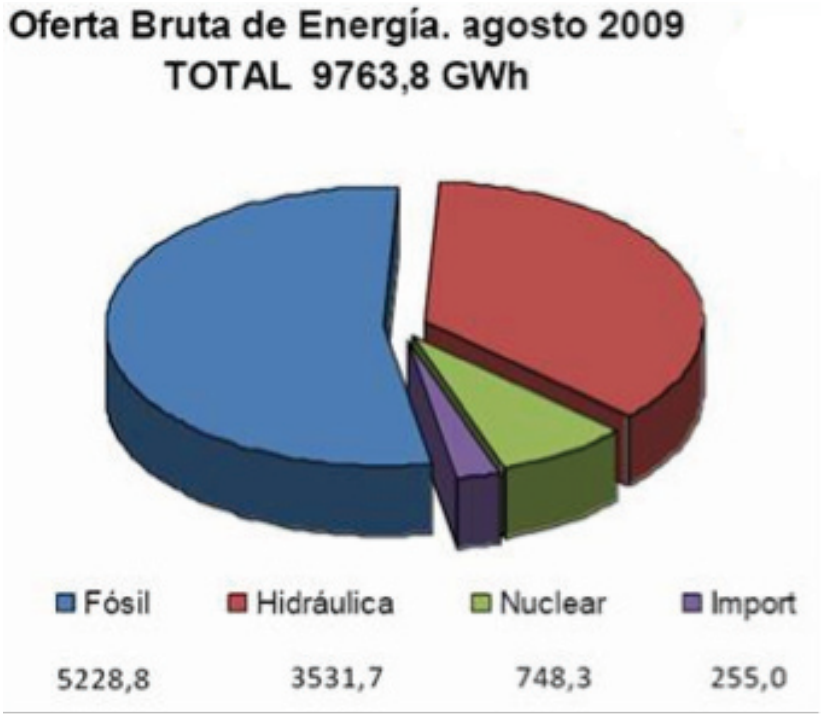
Escenario Base: El nivel de extracción sigue una senda declinante, llegando al año 2015 con una caída del 40% respecto a los volúmenes actuales. Ello obedece, principalmente al deterioro de la cuenca neuquina, donde al año 2015 la producción cae un 60%.

Este 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 política estructurales de demanda y de mayor producción de hidrocarburos, persiste un déficit de gas relativamente manejable, con un pico de 5,8 MMm^3/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.



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 Nº 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.

[6]Secretaría 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 tecnológicos[8].

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 esta descripción de la 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.

[7]En 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 elegidos 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).
[8]Mayor información se puede obtener en http://www.aeeolica.es/

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 el, 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.

Por estas razones se pone a consideración en los puntos que se desarrollan a continuación, el estado de los estudios y proyecciones sobre el aprovechamiento hidroeléctrico LA CARIDAD, en la provincia de Chubut, Argentina.

Caso de estudio La Caridad

Marco general del estudio de LA CARIDAD

El aprovechamiento La CARIDAD se encuentra en la Provincia de Chubut en la cuenca Carrenleufú sobre el río del mismo nombre.

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 que pueden observarse en las siguientes tablas.

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

CARACTERÍSTICAS GENERALES								
Orden Viabilidad Multicrit	Proyecto	Pot MW	EMA GWh/a	Potencia Media kW	Coefic de utilización	CME U$S/ KWh	Sensibilidad Ambiental	Índice Viabilidad Multicriterio
1º (*)	**La Elena**	102	649	74	0.73	25.38	Moderada	7.03(*)
3º (*)	**La Caridad**	64	273	31	0.49	47.30	Baja	5.93(*)
f/p	**Huelches**	40	230	26	0.66	40.00	Baja	s/d

(*) 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 Pres	H Pa / Pote	E MA	Area / EMA	Área Bosq equivt	Tep	Volumen de Presa	Vol Pre / Pot
La Caridad	10	0,2	75	1,2	70	0,9	273	0,3	6370	23474	132000	2063
Huelches	1000	25	10000	250	26	1,5	230	43,5	5367	19776	330000	8250
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 que Huelches - del río Colorado) 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 CO_2 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 atmosfera 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 representar[9]:

- 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

[9]Energías Renovables 2008 - Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos. Secretaria 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.
La valoración de la Potencia a instalar en cada Proyecto de acuerdo al rendimiento Energía-Potencia-Costo.

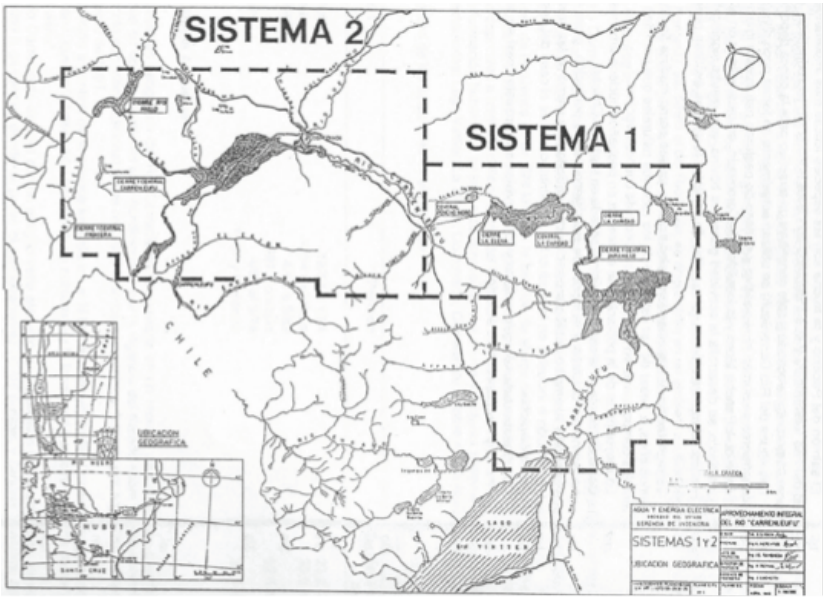
A partir de las documentaciones consultadas se entiende que el material es de suficiente nivel como para llegar a un costeo adecuado.

Descripción de la Cuenca – PET Regional

Cuenca del Río Carrenleufú

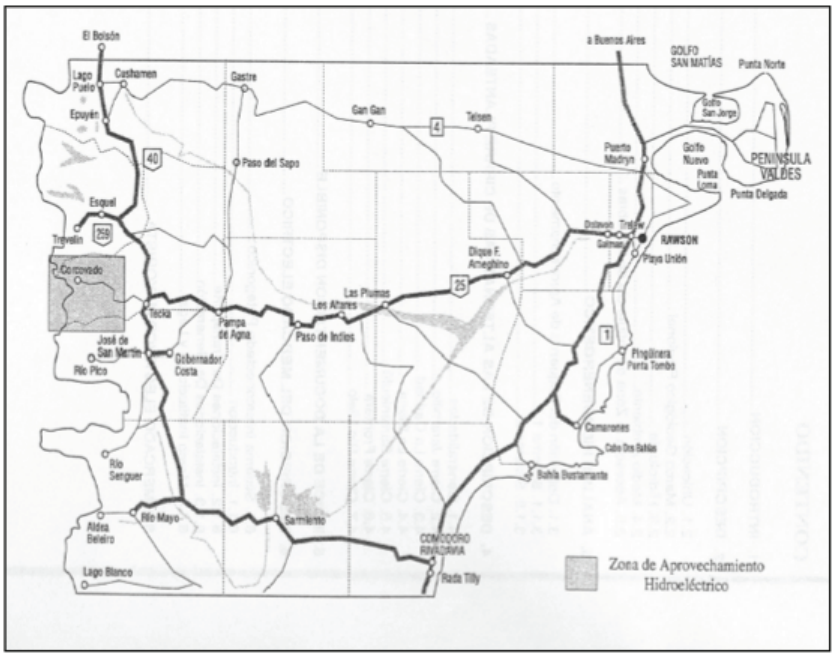
La cuenca del Río Carrenleufú se desarrolla en la provincia del Chubut, sus nacientes se ubican en el límite con la República de Chile en el Lago Vintter y recibe del lado chileno el nombre de Lago Palena.

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 pacifico en el golfo de corcovado. La superficie de la cuenca, hasta la frontera, es de 3.150 km^2, 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 m^3/s hasta 94 m^3/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 cuartario. 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.

De igual modo los aprovechamientos localizados agua abajo de la localidad de Corcovado (Carrenleufú y Frontera), así como el del Rio 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 Republicas 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 km^2 en la sección de aforos del Lago Vintter, de 1340 km^2 en La Elena, de 1862 km^2 en el cierre Carrenleufú y de 2351 km en la frontera argentino-chilena. Unos 204 km^2 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 Rio Hielo- Confluencia.

El record de las estaciones es el siguiente:

Estación	Periodo	Caudal Medio Anual (m^3/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
Rio Hielo	4/64 al 3/74 1987 y Continúa	34.9

La situación geográfica del Rio 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".

EI Rio 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 noroeste y norte -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.

EI salmón del Pacifico y la trucha son las especies ícticas mas 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 ultimo 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 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 Caridad aporta en esa dirección, como se desprende de los siguientes objetivos contenidos en el Plan.

Líneas estratégicas del planeamiento 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 rige 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 km^2 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	km2/km3	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

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 del Aprovechamiento Hidroeléctrico La Caridad. Para la realización de este trabajo, se ha partido de estudios existentes, realizados para dichos proyectos.

En la documentación a que se ha tenido acceso para la realización del presente trabajo, no se ha encontrado información sobre estudios de impacto ambiental para el proyecto La Caridad.

No obstante ello, en función de las características de este proyecto, es posible suponer que el mismo no tendrá un impacto negativo relevante sobre el medio.

Una característica importante de La Caridad es que se ha proyectado con un embalse de muy reducidas dimensiones, por lo cual la afectación de tierras por inundación es muy pequeña.

Del análisis de los estudios ambientales realizados, 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 pudieran no coincidir con las demandas actuales.

Definición del Proyecto de Obra Disponible

Como resultado de los estudios de optimización de los aprovechamientos en cascada sobre el Carrenleufú, y en un ambiente muy restringido desde el punto de vista de los afloramientos rocosos, se seleccionó para el emplazamiento del Aprovechamiento La Caridad, el sitio conocido como Segunda Angostura (km 54,1).

Dado que entre Jaramillo y La Caridad, el Río Carrenleufú no recibe afluentes, se considera el mismo caudal módulo: $Q = 34\ m^3/s$.

Para una evaluación técnico-económica se adoptaron tres diseños: presa de arco gravedad con vertedero en

el centro del coronamiento, presa central vertedora de gravedad planta recta combinada con arcos laterales de simple curvatura y presa de gravedad de planta curva. Esto es así dado que en función de los estudios geológico-geotécnicos se determinó la inconveniencia de un cierre mediante una presa de arco de doble curvatura. Como resultado de la evaluación técnico- económica, surgió la decisión de desarrollar la primera alternativa. Los niveles de embalse considerados fueron 850 y 860 IGN.

La ubicación completa del vertedero libre dentro de la garganta por inconveniencia topográfica de su posicionamiento en laderas adyacentes y la limitación geológica en cuanto a disipación de energía hidráulica a pie de obra con riesgo en su fundación, inducen a su vez la elección del tipo de presa. En efecto, la presa arco- gravedad da respuesta a estos condicionantes, ya que en su coronamiento se puede desarrollar un perfil aliviador y en su parte inferior un trampolín capaz de eyectar a distancia el flujo de descarga al valle fluvial.

El vertedero tiene una longitud neta de 56m, dividido en 4 vanos de 14m cada uno. El gasto específico máximo en cresta para la crecida de diseño (Qpico = 767 m^3/s) es de 13,7 m^3/sxm.
Se adoptaron dos descargadores de fondo de 1,6m de diámetro interno, que se posicionan en el cuerpo de la presa en correspondencia con el cauce del río. El caudal máximo de erogación de cada conducto es de 47,7 m^3/s para el nivel Máximo Extraordinario de Embalse (753,5 IGN). La longitud de los descargadores es de 52,3m.

El esquema de obras de generación propuesto para este cierre presenta una toma, un sistema de conducción a presión y una casa de máquinas a distancia (progresiva 57,5), cuyos niveles de restitución se compatibilizan con los del embalse inferior La Elena. Se desarrollaron alternativas de equipamiento de la central para caudales de generación de 44 m^3/s, 68 m^3/s y 92 m^3/s, según se trabaje en semi base, semipunta y punta respectivamente. Asimismo se han tenido en cuenta los distintos niveles de restitución asociados a las posibles cotas de embalse normal del Aprovechamiento La Elena (730, 735, 740 y 745 IGN).

Para determinar la ubicación de la casa de máquinas se realizó un estudio técnico económico, donde se analizaron 5 configuraciones de obra. Resultó seleccionada la zona comprendida entre las cotas de pelo de agua actual (745 IGN Y 750 IGN) en la garganta La Caridad. Finalmente con la configuración adoptada se elaboraron diseños para los siguientes caudales a turbinar Q= 44 m^3/s, Q = 68 m^3/s y Q= 92 m^3/s. Bajo estas condiciones se definió un túnel de 850m localizado íntegramente dentro del macizo rocoso, una conducción forzada blindada en acero de una longitud de 200m y una chimenea de equilibrio fundada en roca.

Este conjunto de obras, junto a la casa de máquinas y al canal de restitución fue optimizado teniendo en cuenta los niveles de embalse anteriormente mencionados.

La torre de toma se ubica sobre la margen izquierda del embalse a 40m del eje de cierre; su alimentación se realiza mediante un pequeño canal de aducción excavado en roca a cota 803,5 IGN. A continuación de la torre de toma, se desarrolla la conducción en túnel.

Se adoptó una chimenea de equilibrio simple, debido a la alta inercia en el sistema de conducción dada la excesiva extensión de tubería de presión (túnel). La chimenea se eleva a partir de la cota 755,6 IGN, con una tubería vertical de 5,2m de diámetro. A cota 792 IGN se levanta la chimenea propiamente dicha, como una torre exterior al macizo rocoso.

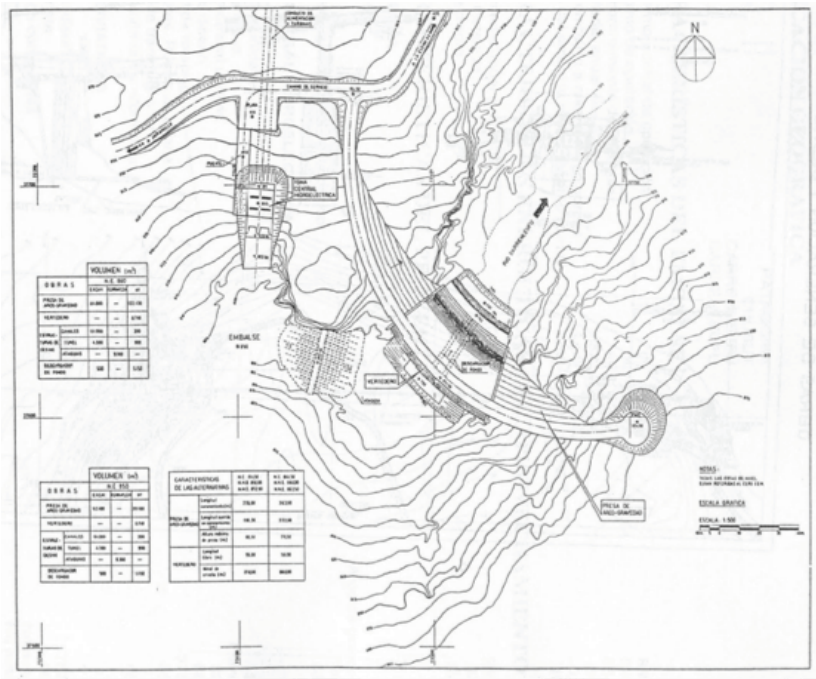
Las turbinas serán de tipo Francis, y los generadores, sincrónicos, trifásicos de eje vertical. La playa de maniobras se ubicó sobre la misma margen del río en que se encuentra la casa de máquinas, a una cota superior a ésta. El equipamiento de maniobras a utilizar será de tipo convencional para instalaciones de intemperie.

Las obras provisorias para cierre están compuestas por ataguías de materiales sueltos y el túnel de desvío es de sección circular. Su longitud es de 175m, con una pendiente del 6%. Se desarrolla íntegramente en el macizo rocoso de margen izquierda y presenta un revestimiento de hormigón de 0,3m de espesor.

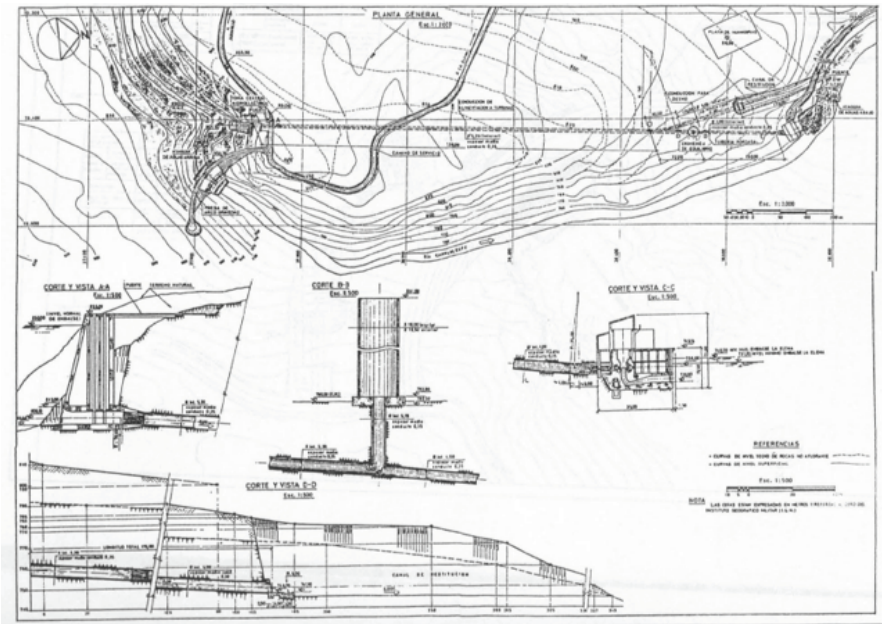
Se ha previsto la construcción de las obras en un plazo de 48 meses desde los trabajos preliminares hasta la puesta en generación de la última unidad generadora.

La zona de obras se conectará con los principales centros poblados de la región mediante la red de rutas y caminos existentes y utilizando los caminos de vinculación entre los Cierres La Elena - La Caridad y La Caridad-Jaramillo.

DETALLE CIERRE LA CARIDAD- PLANTA



CIERRE LA CARIDAD DISPOSICIÓN GENERAL



Cierre La Caridad Ficha Técnica

Ubicación geográfica

Región: PATAGONIA
Provincia: CHUBUT
Cuenca: CARRENLEUFÚ
Rio: CARRENLEUFÚ

Características del embalse

Nivel máximo normal de operación	m	850,0
Nivel mínimo de operación	m	820,0
Cota de coronamiento de las obras	m	854,5
Caudal medio anual	m^3/s	34,0
Área del embalse a nivel máximo normal	km^2	0,75
Volumen del embalse a nivel máximo normal	Hm^3	10,0

Características energéticas del aprovechamiento

Energía media anual generada	GWh/a	257,0
Potencia instalada	MW	42,0
Factor de planta		0,73

Características del proyecto

PRESA

Tipo		Arco de gravedad
Longitud	m	226,0
Altura máxima sobre nivel de fundación	m	69,5

CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Cantidad de unidades		2,0
Tipo de turbinas		Francis
Potencia nominal unitaria	MW	32,0
Caudal de diseño	m^3/s	68,0
Velocidad de rotación	rpm	375,3
Generadores. Potencia unitaria	MVA	35,0
Cantidad de transformadores		2
Potencia unitaria transformador	MVA	40,0

ALIVIADERO

Caudal de diseño	m3/s	767,0
Longitud neta	m	56,0
Cantidad de compuertas		No posee
Ancho		No posee
Alto		No posee

CONDUCCIÓN FORZADA

Cantidad		1
Longitud	m	200,0
Diámetro conducto	m	8,0

Volúmenes de obra

Excavaciones	m^3	170800
Macizos	m^3	9300
Hormigones	m^3	123563

Prefactibilidad presupuesto de las obras

Del análisis anterior se elaboró el siguiente presupuesto para las obras comprendidas del aprovechamiento:

P. INSTALADA: 42 MW
G. M. ANUAL: 257 GWh

CUENTA	DESCRIPCIÓN	MONTOS EN U$S	INCIDENCIA
01	PRESA	23.998.623	31.84
02	OBRAS DE ALIVIO	2.856.163	3.79
03	OBRAS DE DESVÍO	2.596.604	3.45
05	OBRAS DE GENERACION	21.582.095	28.64
06	TURB. Y GENERADORES	10.073.533	13.37
07	EQUIPAMIENTO	4.583.514	6.08
08	ACCESOS	4.473.673	5.94
09	AFECTACIONES	7.010	0.01
10	SIST. DE TRANSMISIÓN	5.197.749	6.90

TOTAL	75.368.965	
IMPREVISTOS 15 %	11.305.345	
COSTOS TOTAL DIRECTO	86.674.310	
COSTOS INDIRECTOS	30.336.008	
PRECIO TOTAL DE LAS OBRAS	**117.010.318**	**100.00**

Costos y Presupuestos

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.

Criterios generales

Los criterios, fórmulas y costos unitarios utilizados provienen de diversas experiencias y por lo tanto pueden presentar diferencias. Fueron usados, sin embargo, para asegurar la robustez de los costos de inversión calculados, comparando costos totales. Es necesario señalar el marco del presente estudio, que corresponde a una etapa de pre factibilidad, con datos base que presentan incertidumbres.

Se han estimado también los costos indirectos de la realización de la obra, en general obteniéndolos a partir de porcentajes del costo directo. En estos costos se incluyen el obrador, el campamento para los trabajadores, la ingeniería del proyecto en todos sus estadios, los estudios complementarios necesarios y la administración del proyecto. Suponiendo una tasa de descuento variable, se estimaron también los costos intercalares originados por el financiamiento de la obra a lo largo de su plazo de construcción.

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. Los presupuestos obtenidos son por los tanto simplificados, sin entrar en grandes detalles, pero con la precisión suficiente para que la estimación sea una buena aproximación del costo real.

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.

Resumen de resultados

Se presenta a continuación una planilla resumen del presupuesto del proyecto La Caridad.

Proyecto	Presupuesto RETScreen /otro [USD]	Costo por KW [USD]
La Caridad	106.746.033	1940

Principales planillas de los presupuestos

Se extractan a continuación las principales planillas de costos y de generación. Producción energética según RETscreen para el sistema eléctrico de potencia propuesto:

Tecnología	**Turbina hidráulica**	
Evaluación de recursos		
Proyecto Propuesto		Reservorio
Altura de caída bruta	M	120.0
Máximo efecto de agua de descarga	M	1.00
Flujo residual	m³/s	0.000
Porcentaje del tiempo disponible de flujo firme	%	100.0%
Flujo firme	m³/s	8.00

Turbina hidráulica		
Flujo de diseño	m³/s	44.000
Tipo		Francis
Eficiencia de la turbina		Estándar
Número de turbinas		2
Fabricante	Voith Siemens	
Modelo	Francis	
Coeficiente de diseño		4.5
Ajuste de eficiencia	%	1.0%
Eficiencia máxima de la turbina	%	94.8%
Flujo a máxima eficiencia	m³/s	35.1
Eficiencia de la turbina en flujo de diseño.	%	91.3%

Máximas pérdidas hidráulicas	%	5.0%
Pérdidas varias	%	3.0%
Eficiencia del generador	%	98.0%
Disponibilidad	%	95.0%
Resumen		
Capacidad de generación eléctrica	Kw	42,726
Factor de ajuste de flujo disponible		1.00
Factor de utilización	%	69.1%
Electricidad exportada a la red	MWh	258,733

El calculado con el modelo AyE es 257 GWh/a, sensiblemente coincidente.

Aprovechamiento La Caridad, costo del equipo de generación.

En las siguientes planillas se vuelcan los datos de diseño y equipamiento tenidos en cuenta para determinar el costo wáter-to-wire del sistema analizado.

Dato		Unidad	Valor	Comentarios
Datos básicos				
Nivel Máximo Normal	msnm	860		
Nivel Mínimo Normal	msnm	850		
Nivel de restitución normal	msnm	740	Estimado a partir de planos.	
Nivel de restitución extraordinario		msnm	742	No conocido.
Caudal de diseño		m^3/s	44	Revisar ficha técnica.
Número de turbinas deseado		Un	2	Punto óptimo.
Frecuencia del sistema		Hz	50	
Estimaciones				
Temperatura del agua en verano		ºC	16	
Factor de potencia del generador			0.9	
Pérdidas, % de salto bruto, a carga normal		%	7.5	Estimado a partir de fórmulas.

Item	Costo [MUSD]	Comentarios
Casa de máquinas (obra civil)	2.91	Costo aproximado, basado en dimensiones estimativas.
Grúas	0.76	
Transformadores	2.99	
Turbinas		Costos correspondientes a ambas turbinas.
Partes móviles	4.46	
Cámara espiral y carcasa	3.55	
Válvulas	0.00	
Generadores	10.46	
Costo water-to-wire	18.47	No incluye obra civil, grúas o transformadores.
Costo total	25.13	

CONCEPTO	VALORES ASIGNADOS		
Relación de costos de equipos local vs. Canadiense		0.80	
Relación de costos de combustibles local vs. Canadiense		0.93	
Relación de costos de labor local vs. Canadiense		0.36	
Coeficiente de costo de fabricación de los equipos		1.10	
Clima frío	si/no	Sí	
Días de heladas en el sitio	día	10	
Flujo de diseño	m³/s	44	44
Altura de caída bruta	m	120	120
Número de turbinas	turbina	2	2
Tipo		Francis	Francis
Flujo por turbina	m³/s	22.00	
Diámetro de rueda de la turbina por unidad	m	1.94	
Tipo de instalación		Pequeño	Pequeño
Represa existente	si/no	No	
Longitud de cresta de nueva represa	m	260	
Roca en el sitio de la represa	si/no	Sí	
Máximas pérdidas hidráulicas	%	5.0%	5.0%
Pérdidas varias	%	3.0%	
Caminos-accesos			
Longitud	km	25.0	
Camino solo para construcción	si/no	No	
Dificultad del terreno		3.0	
Túnel			
Longitud	m	850	
Factor de pérdida de carga admisible en el túnel	%	7.0%	
Porcentaje de longitud de túnel revestido	%	100%	
Método de excavación		Mecanizado	
Diámetro	m	4.65	
Canal			
Longitud en roca	m	25	
Pendiente lateral del terreno en roca (promedio)	°	60	
Longitud en suelo impermeable	m	0	
Pendiente lateral del terreno en suelo (promedio)	°	45	
Pérdidas de carga totales del canal	m	0.0	
Tubería de presión			
Longitud	m	200.0	
Número	tubería de presión	1	
Factor de pérdida de carga admisible en la tubería de presión	%	2.0%	
Diámetro	m	2.78	
Espesor promedio de la tubería	mm	11.59	
Distancia a las canteras de material de relleno	km	4.0	
Línea de transmisión			
Tipo de red	LAT	Doble terna	
Longitud	km	36.0	
Dificultad del terreno		3.0	
Tensión	kV	132.0	

Evaluación económica

Con el objetivo de proveer los elementos necesarios para decidir acerca de la aceptación o rechazo del proyecto del Aprovechamiento Hidroeléctrico estudiado en el presente trabajo, se ha procedido a evaluar económicamente al mismo.

La evaluación económica y financiera 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 Nº 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 describe a continuación la Metodología desarrollada y los criterios utilizados en la Evaluación Económica del Proyecto de los Aprovechamientos Hidroeléctricos La Caridad.

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.

- 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 CAMMESA y se convirtieron a dólares estadounidenses utilizando la paridad cambiaria correspondiente.

El valor promedio de la energía para el período Enero 2012 - Diciembre 2012 es igual a U$S 56/MWh.

Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo.

El CME, del Sistema Argentino de Interconexión (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 siguiendo los siguientes lineamientos. Con respecto a los costos para la inversión total se representó por el presupuesto del proyecto 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. Los 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 oportunidades en que el proyecto no fuera rentable. En el presente trabajo, se ha adoptado el valor de U$S 6 para la tonelada de CO_2 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

El proyecto La Caridad, como puede observarse en el Cuadro N° 1 presenta resultados económicos que pueden considerarse muy buenos, aún valorizando sus beneficios con el costo del monómico medio del MEM (U$S 56/MW-h).

En ese sentido, puede verse que los VAN del proyecto son positivos para las tasas de descuento del 8 y 10%, en todas las hipótesis formuladas de aportes del Canon Provincial y de los aportes del MDL, presentando así Tasas Internas de Retorno (TIR) superiores al 10-11% y, en el caso de no aportar el Canon Provincial, las TIR son superiores al 12%.

Si los beneficios del proyecto La Caridad fueran valorizados con el Costo Marginal de Expansión a Largo Plazo del Sistema Argentino de Interconexión (CME), los beneficios se elevan notablemente, no siendo necesario, en este caso, contar con los aportes del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA CARIDAD - 42 MW; 260 GW-h
EVALUACIÓN FINANCIERA: RESUMEN DE RESULTADOS

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	66,044,023	43,139,914	25,666,450
6% CANON PROVINCIAL	85.00	0	76,660,338	52,029,683	33,262,649
0% CANON PROVINCIAL	85.00	0	87,276,653	60,919,452	40,858,849
BASE - 12% CANON PROVINCIAL	56.00	0	19,145,786	3,156,316	-12,074,524
		7	21,178,948	5,735,799	-8,946,697
		14	22,934,774	7,179,748	-7,708,913
		21	23,959,282	7,920,722	-7,169,175
6% CANON PROVINCIAL	56.00	0	26,451,637	9,946,050	-5,247,830
		7	28,875,206	12,309,971	-1,924,086
		14	30,631,032	13,753,920	-730,897
		21	31,655,540	14,494,894	-191,159
0% CANON PROVINCIAL	56.00	0	33,757,488	16,104,183	1,323,406
		7	36,571,463	18,754,575	4,662,658
		14	38,327,289	20,198,524	5,855,847
		21	39,351,797	20,939,499	6,395,585

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.

Los estudios hidrológicos:
Son suficientes con un adecuado registro de datos que permiten asumir como confiable 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 concerniente al aprovechamiento hidroeléctrico La Caridad, elaborado por Agua y Energía Eléctrica s.e. (AyE), cabe destacar que la orientación de los estudios geológicos y geotécnicos realizados también tuvo como finalidad esclarecer acerca de los principales condicionantes que aparecían en este proyecto: los depósitos morénicos presuntamente permeables en el área del vaso de la presa y que también podrían interesar al túnel de conducción dependiendo de la cota de diseño del mismo y la debilidad estructural que presenta el macizo rocoso en el área de implantación de la presa y probablemente del túnel de conducción en una buena parte de su recorrido.

En forma somera se estudiaron estos aspectos con investigaciones geofísicas, que permitieron establecer los contactos entre el macizo de roca y los depósitos glacigénicos supradyacentes. Algunos datos de permeabilidad y modelización llevados a cabo para La Elena son aproximadamente válidos para La Caridad, aunque deben realizarse estudios de campo a tal efecto.

La fundación de la presa y la travesía del túnel de conducción presentan problemas geotécnicos como: orientación de estratos proclives a deslizamiento, debilidad estructural (zonas de falla o cizallamiento) y otros que deberán ser estudiados en profundidad para una etapa de Anteproyecto o Factibilidad, ya que los problemas que han sido detectados ameritan una inversión importante en este aspecto.
.

El análisis de la disposición y de los componentes de las obras:
En La Caridad es posible el planteo de obra que se dispone del proyecto antecedente, aunque puede pensarse en algún otro tipo de obra principal como presa con HCR, pero que en todo caso mejorarían los costos.

El análisis de los equipamientos Hidroeléctromecánicos:
Al utilizar las herramientas del Sistema RETScreen se ha confirmado el equipamiento seleccionado originalmente de los proyectos antecedentes.

El análisis de los presupuestos:

Al utilizar el sistema de costeo del sistema RETScreen se consigue resolver un tema muy importante, difícil de alcanzar con precios de mercado, que es el costeo water-to-wire de los equipamientos que incluyen turbinas, generador y todo equipo complementario de obra civil y electromecánica de operación y control necesario para la generación de energía.

El sistema tiene en cuenta las características locales para la provisión del resto de los insumos aunque esto es perfectible, pero los costos se entienden como razonables a este nivel.

En el caso particular de La Caridad este aparece relativamente bajo en cuanto a las obras civiles.

Conclusión final

Del análisis de este aprovechamiento se establecen condiciones favorables para el desarrollo de las obras por medio de la jurisdicción Nacional y también en el marco de la ley 24.065 que regula el mercado y la 15.336 de iniciativa privada.

Argentina demandará en los próximos años de la generación de energía limpia, y este emprendimiento puede aportar al sistema interconectado una potencia instantánea de 40 MW.