

## ALTERNATIVAS DE AHORRO ECONÓMICO Y GENERACIÓN DE DIVISAS, MEDIANTE CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA

Ms. C. Mirko Gardilic Calvo  
mirkoivo55@gmail.com

### Resumen

El presente artículo de investigación, está, orientado a proponer alternativas que posibiliten cambios en la actual matriz energética, para alcanzar ahorros para la economía nacional y a su vez contribuir con la generación de divisas que, hoy más que nunca resulta prioritario en Bolivia. La estrategia en sí, simplemente implica la sustitución del consumo de recursos de origen fósil (gas natural) por el uso de recursos hídricos (agua) para la generación de energía eléctrica, sin descartar la posible utilización de otros recursos renovables, como los eólicos, solar, evaporíticos y biomasa, que a futuro pudieren contribuir de manera significativa.

Para dicho cometido, de inicio se expone un análisis cualitativo de la viabilidad técnica de los proyectos hidroeléctricos que existen en portafolio, para posteriormente poder demostrar cuantitativamente, el beneficio económico y financiero que, pudiera lograrse mediante la implementación de esta alternativa tecnológica a mediano y largo plazo, frente a las plantas termoeléctricas que actualmente suponen la mayor fuente de energía eléctrica (más del 75 %) y que utilizan como combustible el gas natural subvencionado, que tanta falta hace a nuestra economía.

La mutación del tipo de tecnología propuesto, para la generación de energía eléctrica, podrá originar cuantiosos beneficios económicos y financieros a favor del Erario Nacional, con efectos redistributivos en la economía regional, por el ahorro del consumo de gas natural que, además de disminuir considerablemente, ocasionó un drástico decremento en los ingresos por exportación, afectando la balanza de pagos, con la consiguiente insuficiencia de

divisas en el País. Adicionalmente, se prevé lograr como externalidad positiva, la regulación del uso de agua para riego que, beneficiará trascendentalmente a la actividad agrícola. Pero posiblemente la gracia mayor, consista en disminuir el impacto en el medio ambiente y la diversidad ecológica que, cada vez se encuentra más amenazada y con inminentes peligros de extinción.

En tal sentido, se demuestra a lo largo del trabajo de investigación, la innegable contribución al crecimiento y desarrollo económico de Bolivia.

### Abstract.

This research article aims to propose alternatives that enable changes in the current energy matrix to achieve savings for the national economy while also contributing to the generation of foreign currency, which is more crucial than ever in Bolivia. The strategy itself simply involves substituting the consumption of fossil fuel resources (natural gas) with the use of water resources (hydropower) for electricity generation, without ruling out the potential use of other renewable resources, such as wind, solar, evaporitic, and biomass, which could significantly contribute in the future.

To this end, an initial qualitative analysis of the technical feasibility of the hydroelectric projects in the portfolio is presented, followed by a quantitative demonstration of the economic and financial benefits that could be achieved through the implementation of this technological alternative in the medium and long term, compared to the thermoelectric plants that currently account for the largest source of electricity (over 75%) and that use subsidized natural gas, which is critically needed by our economy.

The proposed change in technology for electricity generation could yield substantial economic and financial benefits for the National Treasury, with redistributive effects on the regional economy, due to the savings from natural gas consumption, which not only decreases significantly but also leads to a drastic reduction in export revenues, affecting the balance of payments and resulting in a shortage of foreign currency in the country.

Additionally, it is anticipated that a positive externality will be the regulation of water use for irrigation, which will significantly benefit agricultural activities. However, perhaps the greatest advantage lies in reducing the impact on the environment and ecological diversity, which is increasingly threatened and facing imminent extinction dangers. In this regard, the research work demonstrates the undeniable contribution to the economic growth and development of Bolivia.

## 1. Introducción.

Bolivia dispone de importantes recursos energéticos renovables y no renovables. La matriz de generación eléctrica estuvo compuesta, en 2019, por 72,73 % de termoelectricidad, 22,95% de hidroelectricidad y apenas un 4,32 % de otras fuentes de energía alternativas, con una capacidad instalada de 3.302 megavatios (MW).

Al presente, existen ocho empresas generadoras de energía eléctrica: Compañía

Boliviana de Energía Eléctrica S.A. (COBEE), Corani, Guaracachi, Valle Hermoso, Empresa Hidroeléctrica Boliviana, Río Eléctrico (Eresa), Sociedad Industrial Energética y Comercial Andina SA (SYNERGIA,) y la Compañía Eléctrica Central Bulu Bulu (CE-CBB) que son las encargadas del servicio de suministro eléctrico a nivel nacional.

La Empresa nacional de Electricidad (ENDE ANDINA) cuenta con tres plantas termoelectricas de ciclo convencional en operación,

en tres departamentos estratégicos de Bolivia, ubicadas en Cochabamba (Entre Ríos) con capacidad instalada a temperatura media anual de 527 MW, Tarija (Yaguacua) con 508 MW y Santa Cruz (Warnes) con 571 MW.

La energía que aportan las centrales hidroeléctricas comprende el 20,2% de la energía del parque de generación que, suman entre ocho plantas de generación una capacidad efectiva total de 734,85 MW. Están en ejecución los proyectos de las centrales hidroeléctricas de Ivirizu, con una potencia instalada nominal prevista de 290,20 MW, con una inversión de Bs 3.859.922.353 y Miguillas con una potencia prevista de 204,88 MW y una inversión de Bs 3,1 millones, previendo su conclusión para agosto de 2025.

## 2. Fundamentación teórica.

Como indica la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la energía hidroeléctrica, nacida a mediados del siglo XIX, es la fuente más antigua de las de energías renovables, y continúa al presente siendo la más importante cuantitativamente. Es una fuente que, contribuye de forma importante a la lucha contra el cambio climático, porque evita el uso de combustibles fósiles y reduce las emisiones de dióxido de carbono, gases que alteran el clima y partículas, contrarrestando así la contaminación y el efecto invernadero. Entre sus ventajas más trascendentales, se pueden citar: desempeña un papel fundamental en el equilibrio energético mundial, es limpia y sostenible, es un recurso muy flexible y renovable, representa menores costos de utilización, estabiliza la red eléctrica evitando la intermitencia, reduce el riesgo de inundaciones, recuperación de zonas pantanosas, protege la biodiversidad y potencia las zonas turísticas y los deportes náuticos, entre otras.

Según la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA, S.A.), las pocas desventajas de las plantas hidroeléctricas son: Coste inicial

elevado, los costes de inversión asociados a la construcción de las centrales o de los embalses que las alimentan, resultan significativos en comparación con las de las centrales termoeléctricas. Dependencia climatológica, en los momentos de sequía o de grandes crecidas de los ríos, puede verse enormemente afectada la producción de electricidad. Cambios en el entorno, aunque cada vez se intenta afectar menos al entorno, los embalses que son muy necesarios para el abastecimiento, también alteran de alguna manera el entorno.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propulsados en 2015 por parte de los líderes mundiales, establecieron que, dentro de los objetivos fijados en la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, se encuentran la lucha contra la pobreza y la construcción de un planeta más sostenible, para las próximas generaciones. En todo esto, juegan un papel primordial las energías renovables, esas que se obtienen de fuentes naturales que, son inagotables por su capacidad de renovación y que no generan residuo alguno.

En la opinión de TotalEnergies.es (empresa energética que produce y comercializa energías a escala mundial), la generación hidráulica es una energía renovable, cuya fuente es prácticamente inagotable. Es segura, no genera residuos tóxicos, lo que la hace una energía limpia y respetuosa con el medio ambiente. Produce energía en función de las necesidades, es decir, su producción es flexible en función de los requerimientos e insuficiencias.

La prospectiva realizada hacia el año 2040 en el Modelamiento del Sistema Energético Boliviano al 2040, según metas del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, ENERGETICA, WWF, 2020) muestra que, el sector eléctrico podría tener una dimensión de 28 gigavatios (GW), de los cuales casi un tercio sería hidroeléctrico de embalse (aproximadamente 8 GW). Bajo ese entendido, es necesario desarrollar la hidroenergía, pero de una manera tal que el impacto

ambiental sea el menor posible. Asimismo, es crucial la utilización de herramientas estandarizadas para la toma de decisiones técnicas y no políticas. Según los datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, en la investigación realizada por la Organización Plataforma Energética el año 2011, se menciona que Bolivia sólo usa el 1,19% de su potencial hidroeléctrico. Esto quiere decir que el país utiliza sólo 475,6 megavatios (MW) de un total aproximado de 40 Gigavatios (GW) potenciales (Plataforma Energética, 2011). La potencia instalada por tipo de generación en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) correspondió en 69,84% a las unidades termoeléctricas y 30,16% a las hidroeléctricas, como señala el Anuario Estadístico 2012 de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE). Las centrales eléctricas que conecta el SIN en Bolivia, están en La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca, Potosí, Oruro y Beni. En total 475 MW es la potencia efectiva de las unidades generadoras del sector hidroeléctrico versus 980,6 MW que es la potencia efectiva de las plantas termoeléctricas, con un aporte del 69,8% al Sistema Nacional. Desde hace décadas el precio del gas natural que cobra YPFB a ENDE es subvencionado, llegando en promedio a 1,20 USD/MPC frente al precio de exportación al Brasil que bordea los 7,20 USD/MPC.

### 3. Metodología.

Al constituir un artículo de investigación que responde a un diseño descriptivo, el método implica atenta observación y un registro fiel de lo observado, respecto a las características y datos técnicos de los proyectos hidroeléctricos consignados en portafolio, utilizando distintos instrumentos para la recolección de datos técnicos y estadísticos, extraídos de la documentación citada como fuentes principales, y la observación participante.

Se adopta el método deductivo que, utiliza un tipo de pensamiento que, va desde un razonamiento más general y lógico, hasta un

hecho concreto referido a la ponderación de factores, para calificar, evaluar y seleccionar los mejores proyectos objeto de estudio, de entre los cuales, se procederá al análisis cuantitativo del impacto económico financiero.

Modelos de simulación que, son una representación matemática de un sistema o proceso, en el que se modelan eventos a lo largo del tiempo que, se basan en datos presentes y parámetros que describen el comportamiento del sistema, permitiendo proyectar cómo podría evolucionar en el futuro.

Método del Flujo de caja descontado, para el cálculo de coeficientes de evaluación y liquidez del proyecto adoptado para la modelación.

Para realizar este análisis, se ha utilizado las siguientes fuentes y seguido la consecutiva sistemática:

Recopilación de datos de los proyectos hidroeléctricos y adopción de la metodología diseñada para su ponderación, en base a clasificación de criterios técnicos, del estudio elaborado por ENERGÍA - WWF (2020) y características y datos técnicos del estudio “El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia” Rodríguez, Baldivieso. (2019).

Construcción de tablas que integren y sintetizen la información lograda, para elaborar el flujo de fondos del proyecto elegido como modelo financiero.

Ponderación de los impactos directos de la ejecución del proyecto hidroeléctrico seleccionado, para simular su impacto en la economía nacional.

Análisis e interpretación de los resultados obtenidos

#### 4. Resultados.

A efecto de instaurar parámetros de comparación entre los 12 proyectos hidroeléctricos, que se encuentra agendados a nivel nacional, se recurrió al mencionado estudio titulado “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, elaborado por una institución especializada denominada Energía para el Desarrollo (ENERGETICA), que es una organización no gubernamental respaldada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), que cuenta con el apoyo de más de 5 millones de personas y una red mundial activa en más de 100 países, su misión es detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el que, los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza, al conservar la diversidad biológica del mundo, garantizar que sea sostenible el uso de los recursos naturales renovables y promover la reducción de la contaminación y el consumo excesivo. Motivos por los cuales, se dispone de una adecuada base de datos e información fidedigna, confiable y actualizada.

Se puede apreciar en el cuadro siguiente (Cuadro N°1), que los proyectos con mejor densidad 1 (MW/Km<sup>2</sup>) son: Ivirizu, Misicuni, Icona, Carrizal y Huacata respectivamente. Desde la densidad 2 (GWh/Km<sup>2</sup>) están los proyectos: Ivirizu, Icona, Carrizal, Chepete y El Bala, en ese orden. Según el Panel Internacional de Cambio Climático-IPCC, (CDM UNFCCC, 2006), se indica que centrales hidroeléctricas con una densidad mayor a 10 W/m<sup>2</sup>, son proyectos elegibles, en los cuales las emisiones del embalse pueden ser omitidas. Parámetro por el cuál. Bajo ese criterio, dejarían de ser elegibles 7 de los 12 proyectos del portafolio: Molineros, Rositas, Cachuela, El Bala, Chepete, Cambarí y Huacata, en ese orden.

**Cuadro N°1: Densidad de potencia y energía generada por km<sup>2</sup> de embalse**

Proyecto	Potencia (MW)	Embalse (Km <sup>2</sup> )	Densidad 1 (MW/Km <sup>2</sup> )	Energía (GWh)	Densidad 2 (GWh/Km <sup>2</sup> )
Chepete	3.251,0	677	4,8	15.470,0	22,9
Cachuela	990,0	690	1,4	5.465,0	7,9
Rositas	600,0	449	1,3	3.000,0	6,7
El Bala	425,0	94	4,5	2195,0	23,3
Ivirizu	290,0	1	290,0	1.119,0	1.119,0
Complejo Corani	271,0	18	15,1	1.677,0	93,2
Misicuni	120,0	4,6	26,1	217,0	47,2
Icona	102,0	4,23	24,1	447,0	106,0
Molineros	101,0	90	1,1	442,0	4,9
Carrizal	346,0	20	17,3	1.515,0	76,0
Huacata	10,7	1,54	6,9	16,4	10,6
Cambarí	93,0	22,5	4,1	407,0	18,0

*Fuente: extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020.*

**Cuadro N°2: Características técnicas de los proyectos hidroeléctricos objeto de estudio**

Proyecto	Alto de la presa (mtrs.)	Cota de coronación (m.s.n.m)	Parte de la cuenca
Ivirizu Cochabamba	105	2180	Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Mamoré.
Molineros Potosí Cochabamba	67	2030	Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Grande
Rositas Santa Cruz	162	595	Se ubica en la parte baja de la cuenca de la cordillera
Carrizal Chuquisaca	160	2206	Se encuentra en el río Pilaya que es un nacimiento del río Pilcomayu
Huacata Tarija	-	-	Se encuentra en el río Huacata que es afluente del Pilcomayu
Cambarí Tarija	120	635	Se encuentra dentro de la cuenca de los ríos Pilcomayu y Bermejo
Madera Pando	-	-	Se encuentra en la llanura de inundación del río Madera y Beni
Cachuela Esperanza Pando	117	690	Se ubica en la confluencia de los ríos Madera y Beni
Chepete La Paz Beni	183	400	Se encuentra en la cuenca andina del río Beni
El Bala La Paz Beni	216	635	Se ubica en la cuenca andina del río Beni
Camata La Paz Beni	-	-	Se encuentra entre los ríos Chayanta y Tamanpaya,
Icoma Cochabamba	120	-	Se encuentra en la parte media de la cuenca del río Espíritu Santo,

*Fuente: extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020 y otras diversas fuentes.*

En base a un análisis cualitativo de las características técnicas descritas en cuadro N°2, es posible identificar que los proyectos que no se encuentran en llanuras de inundación, son:

Carrizal con (2206 m.s.n.m.), Ivirizu (2180 m.s.n.m.) y Molineros (2030 m.s.n.m.) con una situación geográfica muy adecuada frente al resto de los proyectos,

**Cuadro N°3: Proyectos hidroeléctricos En bolivia y áreas protegidas**

Proyecto	Fuera de área protegida	Dentro de área protegida	Ubicación geográfica
Chepete		X	Madidi
Cachuela Esperanza	X		
Rositas		X	Iñaño
El Bala		X	Pilón Lajas
Ivirizu		X	Carrasco
Complejo Corani - Misicuni	X		
Icona	X		
Molineros	X		
Carrizal	X		
Huacata	X		
Cambarí		X	Tariquía

**Fuente:** extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, *ENERGETICA*, 2020 y otras diversas fuentes.

En el cuadro precedente (Cuadro N°3), es posible apreciar que únicamente 6 proyectos, entre los que se encuentran los proyectos: Cachuela Esperanza, Complejo Corani - Santa Isabel - San José, Icona, Molineros, Carrizal, y Huacata, se localizan fuera de áreas protegidas, por el contrario, los otros 6 proyectos se localizaron en áreas protegidas. Motivo por el cuál resultan ser ilegibles, dada la normativa al respecto, pero, sobre todo, si se requerirá apalancar recursos financieros de origen extranjero que es lo más probable, para financiar este tipo de proyectos por la magnitud de su inversión.

**4. Discusión.**

En este acápite, siguiendo la metodología de la fuente adoptada, en el cuadro N°4, se exponen los resultados cuantificados, en función

a las consideraciones para la definición de criterios. En este sentido, las densidades de potencia y energía, permiten establecer una conclusión técnica previa, en sentido de que, los proyectos hidroeléctricos más efectivos por unidad de área de embalse, son los que se encuentran en las faldas de las cordilleras (Ivirizu, Misicuni, Corani-Santa Isabel- San José) junto a el proyecto ubicado en la cuenca del Pilaya (Carrizal) ya que, presentan una densidad de potencia mayor a 10 MW/km².

En base a la información recopilada de la misma fuente, como la ubicación de los proyectos tanto, respecto a las características técnicas de cada proyecto (Cuadro N°2) y zonas biogeográficas como a áreas protegidas (Cuadro N°3), se asumió una clasificación de criterios técnicos que ayudan en la identifi-

**Cuadro N°4: Criterios de análisis de viabilidad asumidos para proyectos hidroeléctricos**

Simbología	Criterio	Condición	Ponderación	Situación previsible o acciones a realizar
CR1	Ubicación respecto a un área protegida	Centro del área protegida	-1	Mayor intervención
		Límite del área protegida	0	Elaboración de estudios
		Fuera del área protegida	1	No afecta ningún área protegida
CR2	Zona biogeográfica	Bosques amazónicos	-1	Generación de GEI elevada
		Bosques secos interandinos.	0	Evaluación de sedimentos
		Puna	1	Escenario más proclive
CR3	Costo/potencia	Menor a USD3000/KW.	1	Económicamente competitivo
		Mayor a USD 3000/KW.	-1	Viabilidad económica dudosa
CR4	Tasa de generación kW/km <sup>2</sup>	< 10 MW/km <sup>2</sup>	1	Mayor impacto ambiental
		> 10 MW/km <sup>2</sup>	-1	Menor impacto ambiental

**Fuente:** extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, *ENERGETICA*, 2020 actualizado con costos de Inversión de Oil y Gas Magazine.

cación de proyectos hidroeléctricos para su posterior evaluación de factibilidad económica financiera. A efecto de disponer de una valoración de cada criterio, la fuente técnica consultada establece una valoración entre -1 y 1, donde, -1 es una situación de muy alto riesgo, 0 significa sujeto a estudios y +1 situación razonable con impactos controlados.

En base a la evaluación de los criterios mencionados anteriormente, Recomendable: significa que el proyecto no presenta un índice negativo en ninguno de los criterios aplicados. Evaluación complementaria: expresa que el proyecto presenta un índice negativo a al-

guno de los criterios y que, necesariamente requerirá una evaluación complementaria. No recomendable: indica que el proyecto tiene al menos dos indicadores negativos y que, uno de ellos corresponde a la ubicación del mismo respecto a un área protegida, en este sentido no se recomienda ejecutar el proyecto.

En función a la aplicación de los criterios mencionados, se tiene los siguientes resultados en cuanto a qué proyectos no deberían ser ejecutados y cuáles podrían ser opciones interesantes para generación hidroeléctrica.

**Cuadro N°5: Ponderación en función a la aplicación de los criterios por proyecto**

Proyecto	CR1.	CR2.	CR3.	CR4.	Conclusión
<b>Ivirizu</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
<b>Icona</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
Molineros	1	0	-1	-1	Evaluación
Rositas	0	-1	-1	-1	No recomendable
<b>Carrizal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
Huacata	1	0	-1	-1	Evaluación
Cambarí	-1	0	-1	-1	No recomendable
Madera	0	1	-1	-1	Evaluación
Cachuela Es- peranza	1	-1	1	-1	No recomendable
Chepete	-1	0	1	-1	No recomendable
El Bala	0	-1	-1	-1	No recomendable
Camata	0	-1	1	-1	Evaluación

**Fuente:** *Elaborado en base a información de ENDE corporación, complementada con datos de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética, ENERGETICA”, 2020.*

**Cuadro N°6: relación de costos de inversión por potencia generada de los proyectos calificados recomendables**

Proyecto	CR1.	CR2.	CR3.	CR4.	Conclusión
<b>Ivirizu</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
<b>Icona</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
Molineros	1	0	-1	-1	Evaluación
Rositas	0	-1	-1	-1	No recomendable
<b>Carrizal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Recomendable</b>
Huacata	1	0	-1	-1	Evaluación
Cambarí	-1	0	-1	-1	No recomendable
Madera	0	1	-1	-1	Evaluación
Cachuela Esperanza	1	-1	1	-1	No recomendable
Chepete	-1	0	1	-1	No recomendable
El Bala	0	-1	-1	-1	No recomendable
Camata	0	-1	1	-1	Evaluación

**Fuente:** *Elaboración propia en base a información de ENDE Corporación, y datos del cuadro N°2.*



Por los motivos expuestos en el Cuadro N°6, en función a la aplicación de los criterios analizados, el País debiera concentrar su atención en la ejecución prioritaria de los proyectos Ivirizú, Icona y Carrizal.

Del cuadro precedente (N°6) se deduce que, los tres proyectos contienen una mínima diferencia. Debido a la información disponible sobre el proyecto Carrizal, el trabajo de evaluación se abocará únicamente a dicho proyecto, para efectos de la modelación financiera a ser practicada, con la finalidad de comprobar y demostrar la factibilidad de la propuesta, respecto al resultado de sustituir el consumo de gas natural (termoeléctrica) por el uso del agua (hidroeléctrica) en el País.

Como se aprecia en el cuadro N°7, de antemano existen beneficios importantes para el País por la sustitución del consumo de gas

natural pronosticado en alrededor de 3.469 MM de USD, más los ingresos por incremento de la productividad agrícola través del riego, estimados en 675 MM de USD, para los próximos 25 años se generaría alrededor de 4.144 MM de USD en beneficio directo de la economía nacional.

A efectos de la elaboración del Flujo de Caja que, posibilita la evaluación financiera del proyecto, se consideraron las siguientes premisas: Inversión total de 900 MM de USD, a ser desembolsada durante los 4 años iniciales del periodo de ejecución. Financiamiento externo del total del monto requerido a un plazo de 12 años, incluyendo 4 años de gracia y a una tasa de interés del 4% anual (tasa de fomento internacional). Los beneficios operativos consisten en la cuantía por concepto del ahorro del gas natural a precios de exportación al Brasil, más los ingresos a ser

**Cuadro N°7: cuantificación de los posibles impactos económicos y financieros por la implementación del proyecto “carrizal”**

Impacto	Concepto	Valoración (USD)
A nivel País	Por el valor anual de la exportación de gas natural ahorrado, gracias a la sustitución energética (138,76 MM USD/año por 25 años = 3.469 MM USD)	Al dejar de consumir 52,8 MMPC/día) a un costo subvencionado de 1,20 USD/MPC, se adopta un criterio muy conservador de solo 7,2 USD/MPC que es lo actualmente nos paga el Brasil Resultando un ingreso por ahorro del consumo de gas de 138,76 MM de USD/año (7,2 USD/MPC x 52.8 MPC/Día x 365 días/año).
Para Tarija	Por la dotación de riego a zonas agrícolas del departamento de Tarija (Villamontes, Sachapera, Ivibobo, Crevaux) que podrá duplicar su productividad en el cultivo agrícola típico. (27.MM de USD/año x 25 años = 675 MM de USD)	Se pretende regar 90.000 hectáreas, cultivando soja con un rendimiento promedio de 2 toneladas por hectárea y considerando un precio de 150 USD/tonelada, es posible generar alrededor de 27 MM de USD/año de ingresos adicionales. (90.000 hectáreas x 2 toneladas/hectárea x 150 USD/tonelada)
Total	4.144 MM de USD	-

**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos técnicos extraídos de “El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia” y cotizaciones de mercado.

generados por el incremento de productividad agrícola a través del riego. Como costos de operación se consignan los costos financieros emergentes del crédito, asumiendo que el resto de costos operación serán cubiertos por los ingresos de la venta de energía eléctrica a ser generada. Se consigna un programa de reinversiones para mantenimiento y refacción de los activos fijos, de forma quinquenal que asciende a 100 millones de dólares por período. Se incluye un ingreso extraordinario para el último año, correspondiente al valor de los activos fijos, cuya vida útil se estima en 40 años. El horizonte de evaluación se fija conservadora en 25 años, a pesar de que

para este tipo de proyectos (hidroeléctricos) normalmente es de 40 años o más. Como se podrá apreciar, se adoptaron criterios moderados tanto para la presupuestación ingresos como de egresos.

Se procedió al cálculo de los coeficientes tradicionales, fijando como costo promedio ponderado del capital (WAAC) en un 7%, en base al costo de capital promedio vigente, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

$$\text{VAN (7\%)} = 301,37 \text{ millones de USD}$$

$$\text{TIR} = 10,05 \%$$

**Cuadro N°8: Proyecciones financieras del flujo de caja del proyecto “CARRIZAL” horizonte de evaluación 25 años (En millones de dólares)**

Concepto /año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversiones	-225	-225	-225	-225	-	-	-	-	-
Reinversiones	-	-	-	-	-100	-	-	-	-
Beneficios operativos	-	-	-	-	166	166	166	166	166
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intereses	-9	-18	-27	-36	-36	-36	-25	-21	-17
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-234</b>	<b>-243</b>	<b>-252</b>	<b>-261</b>	<b>30</b>	<b>130</b>	<b>141</b>	<b>145</b>	<b>149</b>
Amortización a la deuda	-	-	-	-	-	-100	-100	-100	-100
<b>Saldo anual</b>	<b>-234</b>	<b>-243</b>	<b>-252</b>	<b>-261</b>	<b>99</b>	<b>30</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16-19</b>	<b>20</b>	<b>21-24</b>	<b>25</b>
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-	-	-	-	-100	-	-100	-	-100
166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
-13	-9	-5	-	-	-	-	-	-	338
<b>63</b>	<b>157</b>	<b>161</b>	<b>166</b>	<b>166</b>	<b>66</b>	<b>166</b>	<b>66</b>	<b>166</b>	<b>404</b>
-100	-100	-120	-	-	-	-	-	-	-
-37	57	41	166	166	66	166	66	166	404

*Fuente: Elaboración propia, en base a datos técnicos extraídos de los estudios del proyecto “Carrizal” y presupuestaciones elaboradas a través de parámetros financieros y cotizaciones de mercado.*

### 5. Conclusiones.

La conclusión central del trabajo de investigación, permite asumir que, si bien la matriz energética de Bolivia se encontraba estructu-

ralmente orientada a la generación térmica, debido al drástico descenso en los volúmenes y el alza en los precios del gas natural, se hace necesario y conveniente el cambio hacia la hidroeléctrica en el mediano y largo plazo.

Del análisis técnico practicado a los 12 proyectos hidroeléctricos que están agendados en el portafolio nacional, se demuestra mediante la ponderación de 4 grupos de criterios que, únicamente 3 proyectos (Icona, Carrizal e Iviruzu), resultan ser elegibles y viables para su ejecución inmediata. Factor esencial, para lograr apalancar recursos externos para el financiamiento.

En una primera aproximación a la evaluación financiera, simulada al proyecto Carrizal como modelo de negocio, resalta la indiscutible conveniencia económica y financiera, debido a que se obtuvo un valor actual neto (VAN) descontado a una tasa del 7% (WACC), con valor positivo de aproximadamente 301 millones de dólares, que expresa la cuantía actualizada de utilidades en beneficio de la economía nacional. La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza a un 10% que supera ampliamente al parámetro de comparación establecido (7%), por lo que refleja la rentabilidad de la inversión. Pero, posiblemente la liquidez financiera y la solvencia de repago del financiamiento propuesto, sean aspectos a resaltar, en sentido de que, a diferencia de otros proyectos de inversión productiva, éste posee la capacidad de cubrir sus obligaciones holgadamente, y además de generar importantes excedentes.

En teoría, si las características financieras de los otros dos proyectos, fueren similares, prácticamente pudieran duplicarse los beneficios cuantificados, ya que la potencia instalada alcanzaría apenas a 448 MW, frente a la meta fijada en más de 4.000 MW hasta el año 2025.

Por último, se comprueba la coherencia de la propuesta con la actual política gubernamental, orientada a la industrialización con el objeto de contribuir al crecimiento económico y la generación de divisas para el País.

## 6. Referencias bibliográficas.

ALIAGA LORDEMANN, Javier y CAPRI-

LES, Alejandro. (2011) Análisis de la sustitución de fuentes energéticas en Bolivia. rldc [online], n.16 [citado 2024-07-02], pp.57-80.

Disponible en: <<http://www.scielo.org.bo/scielo.p?script=sciarttext&pid=S207447062011000200005&lng=es&nr-m=iso>>. ISSN 2074-4706.

ENDE, (2020), Proyectos Hidroeléctricos en Ejecución y en Estudio a junio 2019. Bolivia.

ENERGETICA, Fernández. M. Martínez. A. (2020), Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética, Bolivia, WWF.

Gardilicic. Mirko (2015), Diseño, Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión Productiva, Bolivia, Consejo Editorial USFXCH.

HSAP. (2018), El Protocolo de Evaluación de la Sustentabilidad de la Hidroelectricidad, España, IHA.

IPCC, (2011), Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.

Estados Unidos, Universidad Cambridge.

McLellan et., World Wildlife Fund (2020), El poder de los ríos. Bolivia. Bolivia.

Edición digital: WWF.

Ministerio de Hidrocarburos y Energía, (2022), Plan para el Desarrollo de Energías Alternativas en Bolivia 2025, Bolivia, Estado Plurinacional de Bolivia.

LIHI, (2016), Estándares del Instituto de Hidroelectricidad de Bajo Impacto.

Bolivia. Biblioteca Digital CIREN.

Panel Internacional de Cambio Climático-IPCC, (2006).

Rodríguez, F. Liebers A. (2021) El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia. Bolivia.

TYPSA, Engecorps Engenharia S.A, Consultoría Internacional Multidisciplinaria Aguilar & Asociados S.R.L. (2019), Estudio a diseño final del proyecto multipropósito "Carrizal". Bolivia.

WCD, (2000), Criterios y Guías de Buenas Prácticas de la Comisión Mundial de Represas. México, Comisión Federal de Electricidad.