

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

CONTENIDO

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	1
7.1 Esquema de alternativas de implementación del proyecto	1
7.2 Criterios, variables e indicadores para la evaluación de alternativas	7
7.3 Valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación.....	9
7.4 Jerarquización de alternativas.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1: Ubicación general de los aprovechamientos para las 4 alternativas PHRZS	2
Figura 7-2: Aprovechamientos Alternativa 1	3
Figura 7-3: Aprovechamientos Alternativa 2	4
Figura 7-4: Aprovechamientos Alternativa 3	5
Figura 7-5: Aprovechamientos Alternativa 4	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7-1: Datos técnicos, Alternativa 1.....	3
Tabla 7-2: Datos técnicos, Alternativa 2.....	4
Tabla 7-3: Datos técnicos, Alternativa 3.....	5
Tabla 7-4: Datos técnicos, Alternativa 4.....	6
Tabla 7-5: Indicadores para la evaluación de alternativas	8
Tabla 7-6: Metodología para la valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación	10
Tabla 7-7: Metodología para la valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación	10
Tabla 7-8: Valores de criterios, variables e indicadores de evaluación por alternativa	12
Tabla 7-9: Calificación de indicadores por alternativa	14

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

El presente capítulo incluye un resumen referente al análisis de alternativas seguidas en el desarrollo del proyecto PHS, para seleccionar el aprovechamiento hidroenergético y que fuese cumplido en la fase de estudios de prefactibilidad.

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la fase de prefactibilidad en relación al análisis y evaluación ambiental realizado para 4 alternativas de aprovechamiento propuestas en los estudios de prefactibilidad, y que permitió seleccionar la más adecuada considerando la viabilidad ambiental: física, biótica y socio cultural.

La metodología empleada en este proceso permitió evaluar 4 alternativas de aprovechamiento para el proyecto PHRZS, mediante un análisis comparativo en el que se analizó el comportamiento de cada una de ellas en relación con una serie de factores que permiten seleccionar la más adecuada bajo el criterio ambiental. El proceso de evaluación de alternativas contempla cuatro etapas de análisis:

- a) Esquemas de alternativas de implementación del proyecto
- b) Definición de criterios, variables e indicadores de evaluación
- c) Valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación
- d) Jerarquización de alternativas

7.1 Esquema de alternativas de implementación del proyecto

Las alternativas evaluadas para el proyecto corresponden a los siguientes esquemas de aprovechamiento:

- ALTERNATIVA 1: G8 (Santiago), G9 (Indanza presa alta)
- ALTERNATIVA 2: G8 (Santiago), G9 (Indanza) y G10 (San Francisco).
- ALTERNATIVA 3: G8 (Santiago), G9 (Indanza presa baja)
- ALTERNATIVA 4: G8 (Santiago), G11 (Bomboja con conducción)

Estas se visualizan en las Figura 7-2, Figura 7-3, Figura 7-4 y Figura 7-5 y sus características se registran en las Tabla 7-1, Tabla 7-2, Tabla 7-3 y Tabla 7-4.

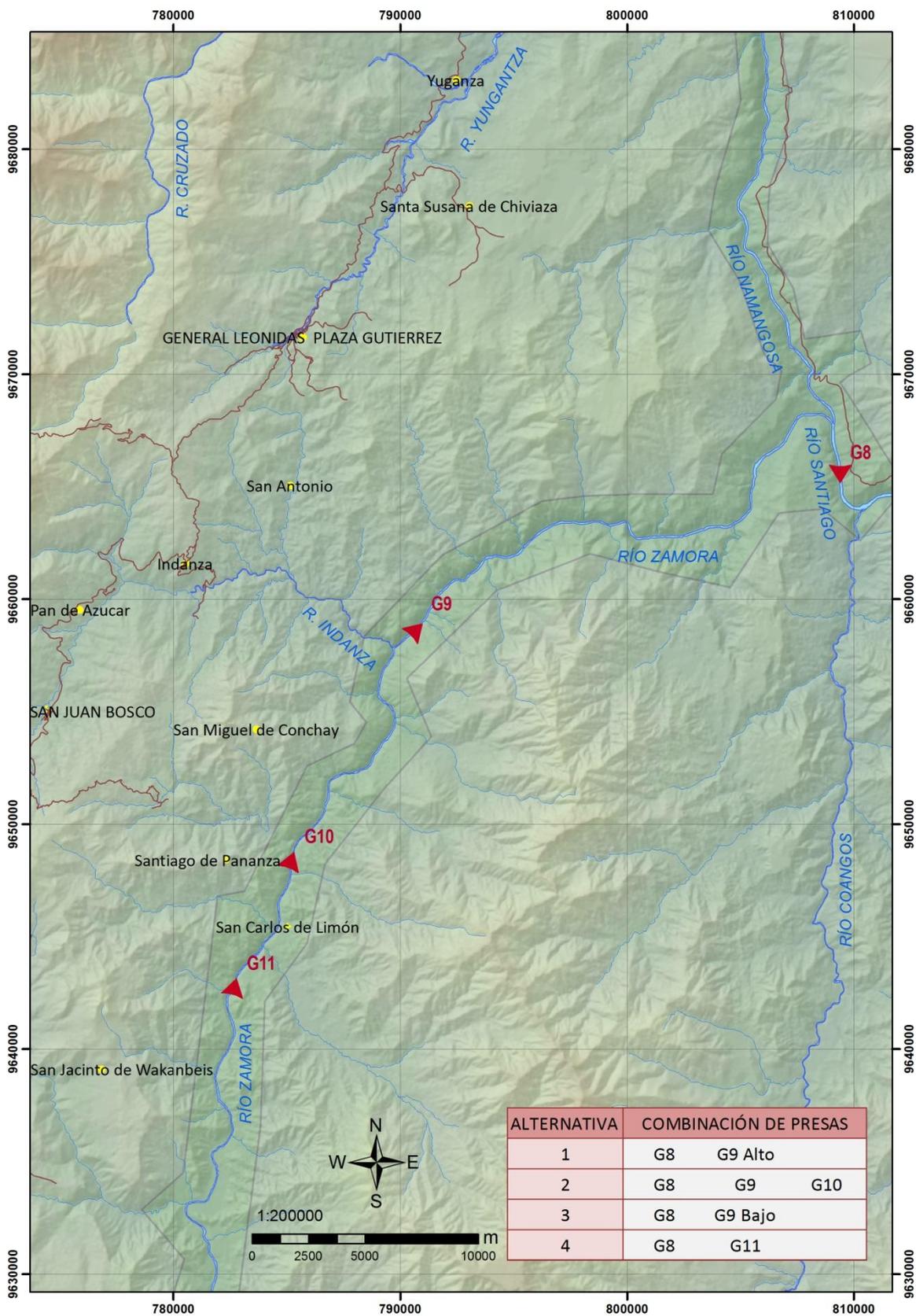


Figura 7-1: Ubicación general de los aprovechamientos para las 4 alternativas PHRZS

Fuente: CFE 2013.

Elaborado por: CFE 2013.

Alternativa 1: Santiago (G8), Indanza (G9)

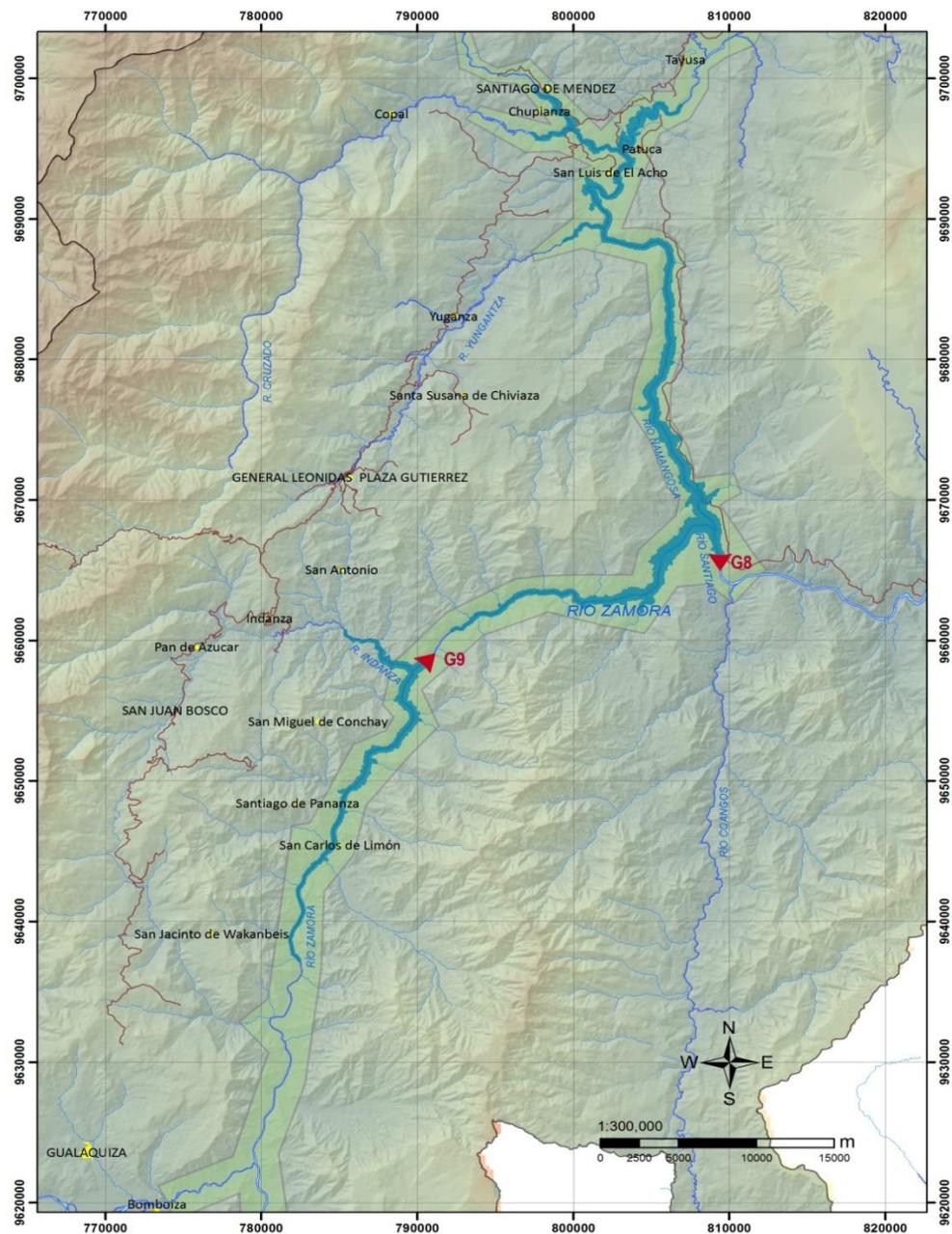


Figura 7-2: Aprovechamientos Alternativa 1

Fuente: CFE 2013.

Elaborado por: CFE 2013.

Tabla 7-1: Datos técnicos, Alternativa 1

PROYECTO	POTENCIA INSTALABLE	NAME	NAMO	NAMINO	COTA DESPLANTE	ALTURA PRESA	Generac. Firme media anual	Generac. Secundaria media anual	Generación Total	AREA EMBALSES
SISTEMA	MW	msnm	msnm	msnm	msnm	m	GWh	GWh	GWh	ha
SANTIAGO G8_450 ALT1	3.600	453	448	434	300	155	13.487,99	2.461,72	15.949,70	3.037,23
INDANZA G9 ALT1	3.120	730	725	674	460	270	12.020,29	1.753,06	13.773,36	2.061,82
ALTERNATIVA 1	6.720,00						25.508,28	4.214,78	29.723,06	5.099,05

Nota: Se utilizó un factor de planta de 0,5 para los funcionamientos.

Fuente: CFE 2013. / Elaborado por: CFE 2013.

Alternativa 2: Santiago (G8), Indanza (G9) y San Francisco (G10)

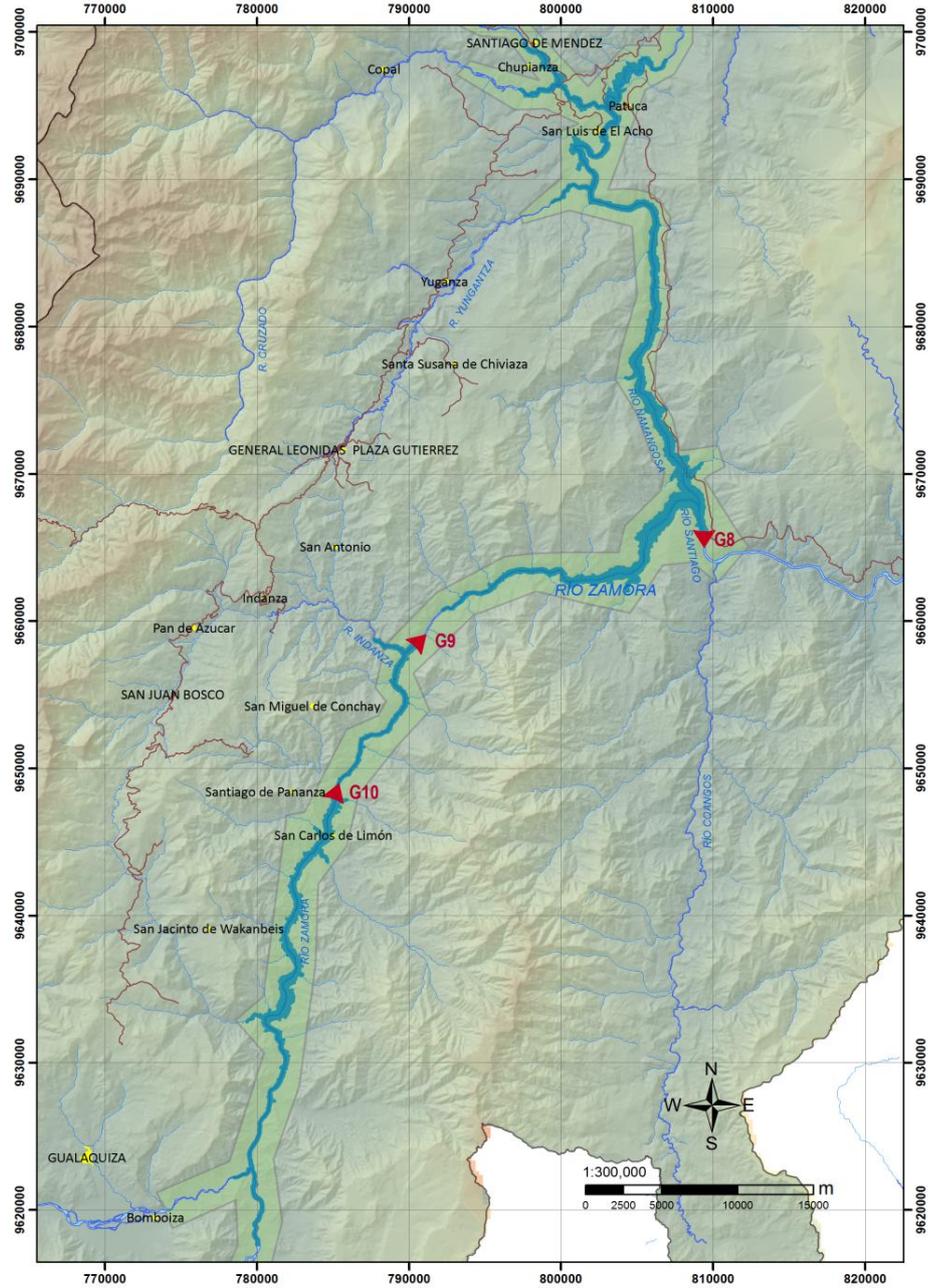


Figura 7-3: Aprovechamientos Alternativa 2

Fuente: CFE 2013.
Elaborado por: CFE 2013.

Tabla 7-2: Datos técnicos, Alternativa 2

PROYECTO	POTENCIA INSTALABLE	NAME	NAMO	NAMINO	COTA DESPLANTE	ALTURA PRESA	Gener. Firme media anual	Gener. Secundaria media anual	Generación Total	AREA EMBALSES
SISTEMA	MW	msnm	msnm	msnm	msnm	m	GWh	GWh	GWh	ha
SANTIAGO G8_450 ALT2	3.600,00	453	448	434	300	155	13.358,99	2.533,96	15.892,95	3.037,23
INDANZA G9 ALT2	1.500,00	583	578	576	460	125	5.286,51	1.341,34	6.627,84	260,42
SAN FRANCISCO G10 ALT2	1.880,00	730	725	707	577,8	157	6.890,77	1.371,72	8.262,50	988,24
ALTERNATIVA 2	6.980,00						25.536,27	5.247,02	30.783,29	4.285,88

Nota: Se utilizó un factor de planta de 0,5 para los funcionamientos.

Fuente: CFE 2013. / Elaborado por: CFE 2013..

Alternativa 3: Santiago (G8), Indanza (G9)

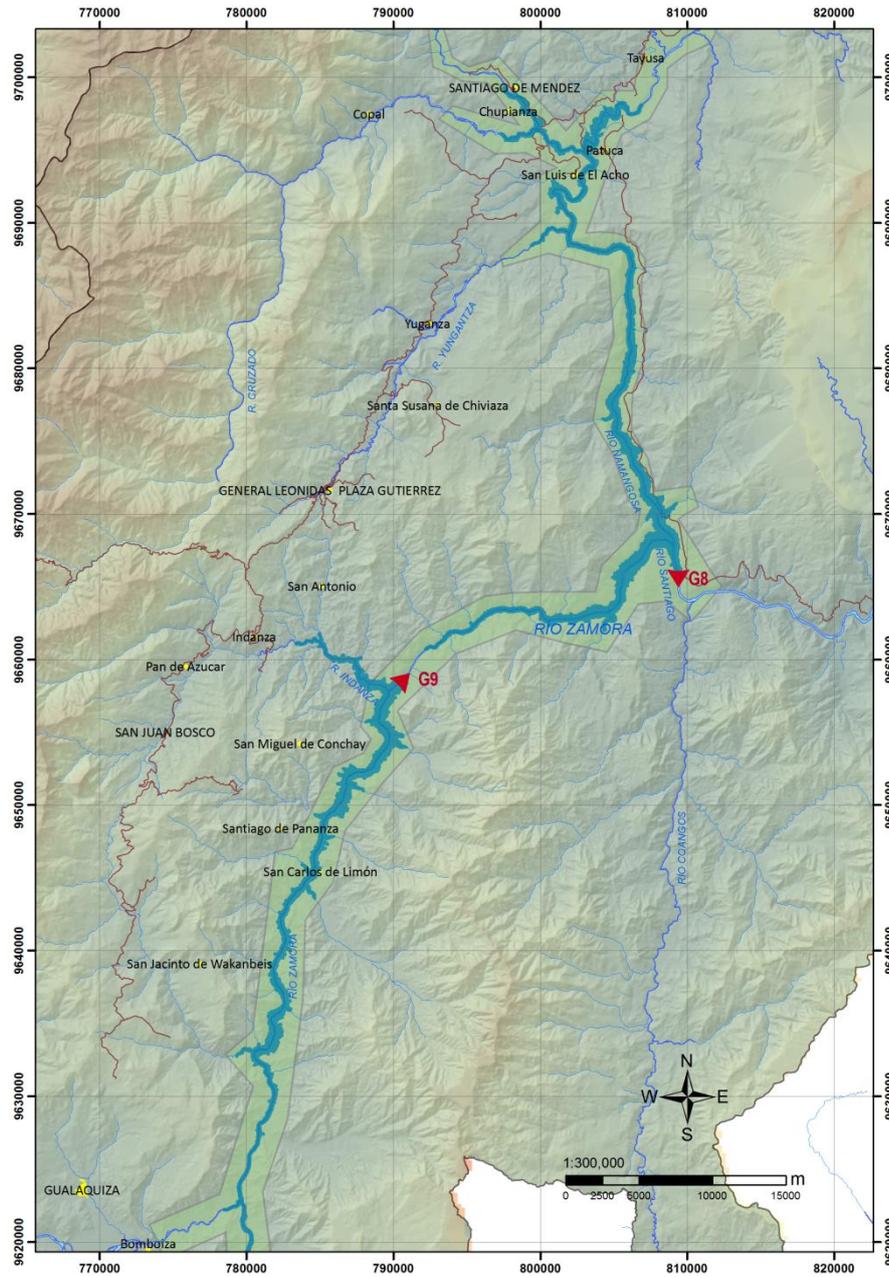


Figura 7-4: Aprovechamientos Alternativa 3

Fuente: CFE 2013.
Elaborado por: CFE 2013.

Tabla 7-3: Datos técnicos, Alternativa 3

PROYECTO	POTENCIA INSTALABLE	NAME	NAMO	NAMINO	COTA DESPLANTE	ALTURA PRESA	Gener. Firme media anual	Gener. Sec media anual	Generación Total	AREA EMBALSES
SISTEMA	MW	msnm	msnm	msnm	msnm	m	GWh	GWh	GWh	ha
SANTIAGO G8_450 ALT3	3.600	453	450	433	300	155	13.487,99	2.461,72	15.949,70	3.037,23
INDANZA G9 ALT3	2.400	660	653	620	460	200	9.088,97	1.580,53	10.669,50	736,45
ALTERNATIVA 3	6000,00						22.576,96	4.042,25	26.619,20	3.773,68

Nota: Se utilizó un factor de planta de 0,5 para los funcionamientos

Fuente: CFE 2013 / Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Alternativa 4: Santiago (G8), G11

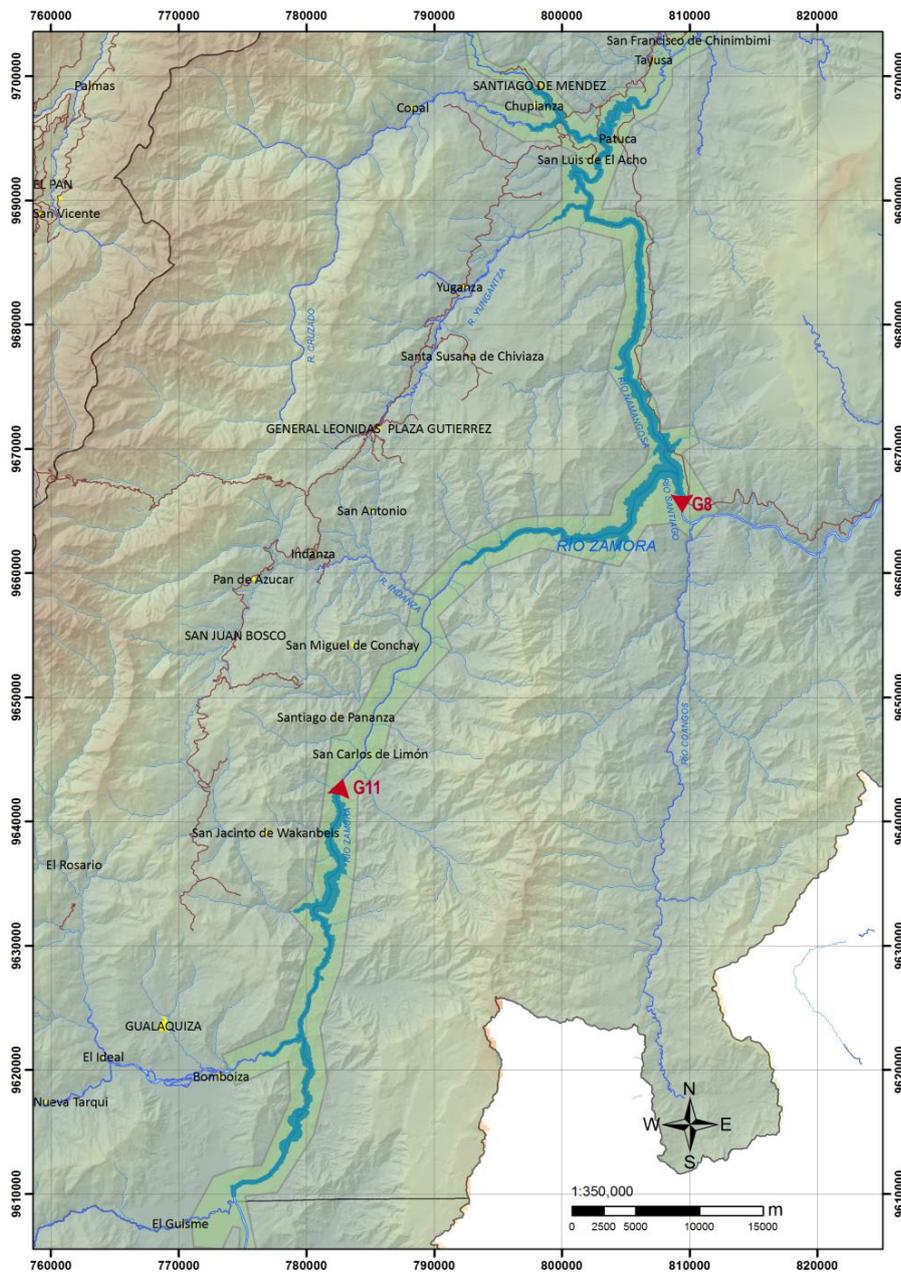


Figura 7-5: Aprovechamientos Alternativa 4

Fuente: CFE 2013.
Elaborado por: CFE 2013.

Tabla 7-4: Datos técnicos, Alternativa 4

PROYECTO	POTENCIA INSTALABLE	NAME	NAMO	NAMINO	COTA DESPLANTE	ALTURA PRESA	Gener. Firme media anual	Gener. Secund. media anual	Generación Total	AREA EMBALSES
SISTEMA	MW	msnm	msnm	msnm	msnm	M	GWh	GWh	GWh	ha
SANTIAGO G8_450 ALT4	3.600	455	455	433	300	155	13.487,99	2.461,72	15.949,70	3.037,23
G11 ALT4	1.700	730	725	718	630	100	4.158	1.113	5.271	1.407,54
ALTERNATIVA 4	5.300,00						17.645,99	3.574,72	21.220,70	4.444,77

Nota: Se utilizó un factor de planta de 0,5 para los funcionamientos.

Fuente: CFE 2013. / Elaborado por: CFE 2013.

7.2 Criterios, variables e indicadores para la evaluación de alternativas

Los **criterios, parámetros e indicadores** utilizados en la evaluación de alternativas se los describe a continuación:

Criterios:

- **CRITERIO: DEMANDA DE RECURSOS:** referido a las exigencias en cuanto al uso de recursos naturales que demanda la implantación del proyecto en la alternativa propuesta.
- **CRITERIO: COSTOS POR MITIGACION SOCIO-AMBIENTAL:** son un parámetro que permite medir el daño ambiental causado por el proyecto y es la estimación del costo global que supone la mitigación de los daños ambientales que éste haya puede ocasionar.
- **CRITERIO: BENEFICIO AMBIENTAL:** relacionado con los aspectos benéficos que una determinada alternativa representa para el ambiente, valorados monetariamente.
- **CRITERIO: RIESGO O IMPACTO AMBIENTAL:** relacionado con el grado y severidad de los potenciales impactos y el efecto ambiental que la construcción y operación del proyecto tendrá sobre los factores ambientales y en base en los resultados de calificación ecológica (Ce) en el proceso de evaluación de impactos.

Variables: representan características o atributos susceptibles de ser medidos o estimados, directa o indirectamente. Estos atributos son seleccionados de acuerdo a la base de evaluación ambiental y el tipo de proyecto. Así se tiene:

CRITERIO: DEMANDA DE RECURSOS

Variables;

- i) Demanda de espacio territorial (ha a ser ocupadas), a ser intervenida obras principales y complementarias
- ii) Demanda de ecosistemas naturales terrestres (ha de bosques naturales a ser ocupados)
- iii) Demanda de ecosistemas naturales acuáticos (longitudes de cauces fluviales en m a ser ocupados por embalses)

CRITERIO: COSTOS POR MITIGACION SOCIO-AMBIENTAL

Variables:

- i) Costo por superficies sujetas a indemnizaciones (expropiaciones de predios)
- ii) Costo por desplazamiento de poblaciones en áreas de inundación
- iii) Costo por reposición de infraestructura afectada
- iv) Costo por pérdida de servicios ambientales
- v) Costo por superficies requeridas en concesiones mineras

CRITERIO: BENEFICIO AMBIENTAL

Variables:

- i) Beneficios por modificación en la matriz eléctrica

- ii) Beneficios por reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por el reemplazo de combustibles fósiles en la generación de termoeléctricas.
- iii) Beneficios por reducción de importación de energía eléctrica

CRITERIO: RIESGO O IMPACTO AMBIENTAL

Variables:

- i) Área de influencia directa de las alternativas de aprovechamiento hidroeléctrico.
- ii) Número de interacciones con Calificación Ecológica (Ce) negativas y significativas por alternativa en el ciclo de vida del proyecto (construcción, operación-mantenimiento y retiro-abandono)

Indicadores: las variables son caracterizadas a través de indicadores, los mismos que permiten su conteo, medición o cuantificación, y por tanto, procesados de manera objetiva. Se establecen indicadores cuantitativos que permitan evaluar y comparar cada una de las alternativas. REF. Tabla 7-5

Tabla 7-5: Indicadores para la evaluación de alternativas

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR
DEMANDA DE RECURSOS	Demanda de espacio territorial para el PHRZS	Superficie de suelo a ser ocupada para el emplazamiento de las obras principales y complementarias, temporales y permanentes del PHRZ	Número de has
	Demanda de ecosistemas naturales terrestres	Superficie de bosques nativos a ser intervenida para ser ocupada por las obras e instalaciones del proyecto	Número de has de bosques nativos
	Demanda de ecosistemas naturales acuáticos	Longitudes de cauces fluviales a ser ocupados por embalses	Longitud en metros
COSTOS POR MITIGACION SOCIO-AMBIENTAL	Costo por indemnizaciones	Número de has a ser expropiadas para el emplazamiento de las obras e instalaciones del PHRZS.	Has a ser expropiadas
	Costo por desplazamiento de poblaciones	Poblaciones o comunidades a ser desplazadas en las áreas afectadas por la inundación del embalse	Número de comunidades afectadas
	Costo por reposición de infraestructura afectada	Costo por reponer la infraestructura perdida (puentes, vías, redes de servicios básicos, etc.) en las áreas de embalse, presas y obras del PHRZS	Número y tipo de Infraestructura perdida
	Costo por pérdida de servicios ambientales	Tasas del MAE debido a la pérdida de bosques y servicios ambientales asociados Según: Acuerdo MAE No. 076	Número de has de bosques nativos a ser talados
	Costo por superficies requeridas en concesiones mineras	Superficies en concesiones mineras que serán inundadas por el embalse.	Número de has inundadas en concesiones mineras
BENEFICIO AMBIENTAL	Beneficios por modificación en la matriz eléctrica (reemplazo por energía térmica)	Ahorro en costos por importación de combustibles fósiles utilizados para generar n MW en centrales térmicas	Galones de combustibles no importados REF: año 2011

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR
	Beneficios por reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por el reemplazo de combustibles fósiles en la generación de termoeléctricas.	Reducción de emisión de ton de CO2 a la atmósfera al generar n MW mediante energía hidroeléctrica en reemplazo de energía termoeléctrica y el beneficio económico que ello representa	Ton de CO2 que no es emitida a la atmósfera
	Beneficios por reducción de importación de energía eléctrica	Ahorro en costos de importación de energía a países vecinos	GWh año de energía no importada REF: año 2011
RIESGO O IMPACTO AMBIENTAL	Área de Influencia Directa de la Alternativa	Superficie territorial susceptible de recibir impactos por el proyecto, en las diferentes etapas del proyecto	Número de hectáreas de área de influencia directa para la fase de construcción
			Número de hectáreas de área de influencia directa para la fase de operación y mantenimiento
	Índice de calificación ecológica (Ce): medida de la importancia del efecto ambiental debido a la implementación del PHRZS	La calificación ecológica corresponde a la expresión numérica de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan el efecto ambiental: clase, presencia, duración, desarrollo, magnitud.	No de interacciones con Ce con de importancia Alta en las fases constructiva, operativa y de retiro

Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

7.3 Valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación

Las Tabla 7-6 y Tabla 7-7 recogen el detalle metodológico y los resultados de valoración y calificación de criterios, variable e indicadores para cada una de las alternativas analizadas en el proceso de evaluación. Cabe destacar que la asignación de puntajes de ponderación de criterios, variables e indicadores se lo realizó mediante un panel de expertos

Tabla 7-6: Metodología para la valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación

Criterios	
Demanda de Recursos	(RE) Peso: 1
Costos por Mitigación Ambiental	(MA) Peso: 1
Beneficio Ambiental	(BA) Peso: 1
Impacto Ambiental	(IA) Peso: 2
Total: 5	IC= Índice de Calificación = $0,2RE+0,2MA+0,2BA+0,4IA$.

Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Para obtener la calificación de cada criterio, se suman los valores obtenidos en las variables

Tabla 7-7: Metodología para la valoración y calificación de criterios, variables e indicadores de evaluación

CRITERIO	VARIABLES	PESO DE VARIABLE	CALIFICACIÓN.
Demanda de Recursos: (RE)	Demanda de espacio territorial.	0,4	Se asigna el máximo valor de 0,4 a la alternativa que demanda el menor espacio territorial (ha). Los valores de las otras alternativas serán inversamente proporcionales a la menor.
	Demanda de ecosistemas terrestres	0,3	Se asigna el máximo valor de 0,3 a la alternativa que demanda el menor espacio territorial (ha).
	Demanda de ecosistemas acuáticos	0,3	Se asigna el máximo valor de 0,3 a la alternativa que demanda el menor espacio territorial (ha).
Costos por Mitigación Ambiental: (MA)	Indemnizaciones	0,2	Se asigna el máximo valor de 0,2 a la alternativa de menor espacio territorial (ha). Los valores de las otras alternativas serán inversamente proporcionales a la menor.
	Desplazamiento de poblaciones	0,4	Se asigna el máximo valor de 0,4 a la alternativa de desplace menor número de población (N.). Los valores de las otras alternativas serán inversamente proporcionales a la menor.
Costos por Mitigación Ambiental: (MA)	Reposición de infraestructura	0,1	Se asigna el máximo valor de 0,1 a la alternativa que afecte el menor número de infraestructura (cantidad)
	Pérdida de servicios ambientales	0,2	Se asigna el máximo valor de 0,2 a la alternativa de menor costo de tasas ambientales (ha).

CRITERIO	VARIABLES	PESO DE VARIABLE	CALIFICACIÓN.
			Los valores de las otras alternativas serán inversamente proporcionales a la menor.
	Intersección con zonas mineras	0,1	Se asigna el máximo valor de 0,1 a la alternativa de menor intersección con zonas mineras (ha). Los valores de las otras alternativas serán inversamente proporcionales a la menor.
Beneficio Ambiental (BA)	Reducción de emisión de CO2.	0,4	Se asigna el máximo valor de 0,4 a la alternativa de mayor reducción ton CO2 Los valores de las otras alternativas serán directamente proporcionales a la de mayor reducción.
	Ahorro importación combustibles	0,3	Se asigna el máximo valor de 0,3 a la alternativa de mayor reducción de uso combustible (gal). Los valores de las otras alternativas serán directamente proporcionales a la de mayor reducción.
	Ahorro importación de energía	0,3	Se asigna el máximo valor de 0,3 a la alternativa de mayor reducción de importación de energía (GWh año)). Los valores de las otras alternativas serán directamente proporcionales a la de mayor reducción.
Impacto Ambiental (IA)	Área de influencia Directa en construcción; operación y mantenimiento.	0,4	Se asigna el máximo valor de 0,4 a la alternativa de menor superficie de AI requerida. Los valores de las otras alternativas serán directamente proporcionales a la de mayor reducción.
	Índice de calificación ecológica	0,6	Se asigna el máximo valor de 0,6 con menor número de interacciones Ce de importancia Alta.

Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Tabla 7-8: Valores de criterios, variables e indicadores de evaluación por alternativa

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	ALTERNATIVAS PHRZS			
				A1	A2	A3	A4
DEMANDA DE RECURSOS	Demanda de espacio territorial para el PHRZS	Superficie de suelo a ser ocupada para el emplazamiento de las obras principales y complementarias, temporales y permanentes del PHRZ	Número de has	65	101,08	64,08	70,60
	Demanda de ecosistemas naturales terrestres	Superficie de bosques nativos a ser intervenida para ser ocupada por las obras e instalaciones del proyecto	Número de has de bosques nativos	2.948,77	2.364,10	2.358,38	2.046,88
	Demanda de ecosistemas naturales acuáticos	Longitudes de cauces fluviales a ser ocupados por embalses	Longitud en kilómetros	136,00	136,00	111,90	150,30
COSTOS POR MITIGACION SOCIO-AMBIENTAL	Costo por indemnizaciones	Número de has a ser expropiadas para el emplazamiento de las obras e instalaciones del PHRZS.	Has a ser expropiadas	5.936,40	4.650,03	3.762,16	4.575,68
	Costo por desplazamiento de poblaciones	Poblaciones o comunidades a ser desplazadas en las áreas afectadas por la inundación del embalse	Número de comunidades afectadas	3	3	3	4
	Costo por reposición de infraestructura afectada	Costo por reponer la infraestructura perdida (puentes, vías, redes de servicios básicos, etc.) en las áreas de embalse, presas y obras del PHRZS	Número y tipo de Infraestructura perdida	14 puentes, 7 km de vía 1 escuela	14 puentes, 7 km de vía 1 escuela	9 puentes, 7 km de vía 1 escuela	12 puentes, 7 km de vía 1 escuela
	Costo por pérdida de servicios ambientales	Tasas del MAE debido a la pérdida de bosques y servicios ambientales asociados Según: Acuerdo MAE No076	Número de has de bosques nativos a ser talados	2.948,77	2.364,10	2.358,38	2.046,88
	Costo por superficies requeridas en concesiones mineras	Superficies en concesiones mineras que serán inundadas por el embalse.	Número de has inundadas en concesiones mineras	2.063,11	1.434,31	915,81	1.262,36
BENEFICIO AMBIENTAL	Beneficios por modificación en la matriz eléctrica (reemplazo por energía térmica)	Reducción de emisión de ton de CO2 a la atmósfera al generar n MW mediante energía hidroeléctrica en reemplazo de energía termoeléctrica y el beneficio económico que ello representa	Ton de CO2 que no es emitida a la atmósfera (Factor de emisión tCO2/MWh= 0,7368 y Factor de planta=0,5	28.510.000 MWh/año = Reducción anual 21.006.168,00 TnCO2/año	29.700.000 MWh/año = Reducción anual 21.882.960,00 TnCO2/año	25.980.000 MWh/año = Reducción anual 19.142.064,00 TnCO2/año	22.220.000 MWh/año = Reducción anual 16.371.696,00 TnCO2/año

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	ALTERNATIVAS PHRZS			
				A1	A2	A3	A4
	Beneficios por reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por el reemplazo de combustibles fósiles en la generación de termoeléctricas.	Ahorro en costos por importación de combustibles fósiles utilizados para generar n MW en centrales térmicas	Galones de combustibles no importados REF: año 2011	IMPORT. Gal: 6.288,27 242.039,000US Gener Alt1 29.723,06 GWh 21,19%	IMPORT. Gal: 6.288,27 242.039,000US Gener Alt2 30.783,29 GWh 20,43%	IMPORT. Gal: 6.288,27 242.039,000US Gener Alt3 26.619,20 GWh 23,62%	IMPORT. Gal: 6.288,27 242.039,000US Gener Alt4 21.220,70 GWh 29,63%
	Beneficios por reducción de importación de energía eléctrica	Ahorro en costos de importación de energía a países vecinos	GWh año de energía no importada REF: año 2011	1295 GWh IMPORT. 87'830.000USD Gener Alt1 29.723,06 GWh 4,36%	1295 GWh IMPORT. 87'830.000 USD Gener Alt2 30.783,29 GWh 4,21%	1295 GWh IMPORT. 87'830.000 USD Gener Alt3 26.619,20 GWh 4,86%	1295 GWh IMPORT. 87'830.000USD Gener Alt4 21.220,70 GWh 6,10%
RIESGO O IMPACTO AMBIENTAL	Área de Influencia Directa	Superficie susceptible de ser impactada durante las etapas del proyecto	Número de has de AID Fase de construcción	20.740,41	25.064,89	20.740,41	27.252,93
			Número de has de AID Fase de operación y mantenimiento	31.535,97	31.073,14	28.315,32	32.552,60
	Índice de calificación ecológica (Ce): medida de la importancia del efecto ambiental debido a la implementación del PHRZS	La calificación ecológica corresponde a la expresión numérica de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan el efecto ambiental: clase negativa, presencia, duración, desarrollo y magnitud.	Número de Ce con importancia Alta Fase construcción	23	25	19	28
			Número de Ce con importancia Alta Fase operación	20	21	19	21
			Número de Ce con importancia Alta Fase retiro	2	2	2	3
			Total de Ce en ciclo de vida del PHRZS	273	274	273	274

Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda. / Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Tabla 7-9: Calificación de indicadores por alternativa

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	ALTERNATIVAS PHRZS			
				A1	A2	A3	A4
DEMANDA DE RECURSOS	Demanda de espacio territorial para el PHRZS	Superficie de suelo a ser ocupada para el emplazamiento de las obras principales y complementarias, temporales y permanentes del PHRZ	Número de has	0,39	0,17	0,40	0,36
	Demanda de ecosistemas naturales terrestres	Superficie de bosques nativos a ser intervenida para ser ocupada por las obras e instalaciones del proyecto	Número de has de bosques nativos	0,17	0,25	0,25	0,30
	Demanda de ecosistemas naturales acuáticos	Longitudes de cauces fluviales a ser ocupados por embalses	Longitud en metros	0,24	0,24	0,30	0,20
Subtotal RE				0,80	0,66	0,95	0,86
COSTOS POR MITIGACION SOCIO-AMBIENTAL	Costo por indemnizaciones	Número de has a ser expropiadas para el emplazamiento de las obras e instalaciones del PHRZS.	Has a ser expropiadas	0,08	0,15	0,20	0,16
	Costo por desplazamiento de poblaciones	Poblaciones o comunidades a ser desplazadas en las áreas afectadas por la inundación del embalse	Número de comunidades afectadas	0,40	0,40	0,40	0,27
	Costo por reposición de infraestructura afectada	Costo por reponer la infraestructura perdida (puentes, vías, redes de servicios básicos, etc.) en las áreas de embalse, presas y obras del PHRZS	Número y tipo de Infraestructura perdida	0,07	0,07	0,10	0,08
	Costo por pérdida de servicios ambientales	Tasas del MAE debido a la pérdida de bosques y servicios ambientales asociados Según: Acuerdo MAE No076	Número de has de bosques nativo a ser talados	0,11	0,17	0,17	0,20
	Costo por superficies requeridas en concesiones mineras	Superficies en concesiones mineras que serán inundadas por el embalse.	Número de has inundadas en concesiones mineras	0,00	0,04	0,10	0,06
Subtotal MA				0,66	0,83	0,97	0,77
BENEFICIO AMBIENTAL	Beneficios por modificación en la matriz eléctrica (reemplazo por energía térmica)	Reducción de emisión de ton de CO2 a la atmósfera al generar n MW mediante energía hidroeléctrica en reemplazo de energía termoeléctrica y el beneficio económico que ello representa	Ton de CO2 que no es emitida a la atmósfera	0,38	0,40	0,35	0,30
	Beneficios por reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	Ahorro en costos por importación de combustibles fósiles utilizados para generar n MW en centrales térmicas	Galones de combustibles no importados REF: año 2011	0,30	0,30	0,30	0,30

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	ALTERNATIVAS PHRZS			
				A1	A2	A3	A4
	por el reemplazo de combustibles fósiles en la generación de termoeléctricas.						
	Beneficios por reducción de importación de energía eléctrica	Ahorro en costos de importación de energía a países vecinos	GWh año de energía no importada REF: año 2011	0,30	0,30	0,30	0,30
Subtotal BA				0,98	1,00	0,95	0,90
RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	O Área de Influencia Directa	Superficie susceptible de ser impactada durante las etapas del proyecto	Número de has de AID Fase de construcción	0,40	0,32	0,40	0,27
			Número de has de AID Fase de operación y mantenimiento	0,35	0,36	0,40	0,34
	Índice de calificación ecológica (Ce): medida de la importancia del efecto ambiental debido a la implementación del PHRZS	La calificación ecológica corresponde a la expresión numérica de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan el efecto ambiental: clase negativa, presencia, duración, desarrollo y magnitud.	Número de Ce con importancia Alta Fase construcción	0,47	0,41	0,60	0,32
			Número de Ce con importancia Alta Fase operación	0,57	0,54	0,60	0,54
			Número de Ce con importancia Alta Fase retiro	0,60	0,60	0,60	0,30
			Total de Ce en ciclo de vida del PHRZS	0,60	0,60	0,60	0,60
	Subtotal IA				0,94	0,88	1
IC = Índice de Calificación = 0,2RE + 0,2MA + 0,2BA + 0,4IA				0,86	0,85	0,97	0,80

Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

7.4 Jerarquización de alternativas

La jerarquización establece el orden de prioridades a considerar para, la selección de la alternativa de mayor viabilidad ambiental, lo cual se logra a través de la sumatoria de los puntajes obtenidos para los criterios de evaluación utilizados en el proceso comparativo.

En base a la sumatorias generales, la secuencia que tendría el proyecto de acuerdo a las alternativas basado en los indicadores de beneficio ambiental es la siguiente:

1. Alternativa 3: G8 (Santiago), G9 (Indanza presa baja)
2. Alternativa 1: G8 (Santiago), G9 (Indanza presa alta)
3. Alternativa 2: G8 (Santiago), G9 (Indanza) y G10 (San Francisco)
4. Alternativa 4: G8 (Santiago), G11 (Bomboá con conducción)

De esta manera, considerando la conjunción de los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, la alternativa de aprovechamiento hidroeléctrico más favorable desde la perspectiva de esquema de aprovechamiento integral, es la **Alternativa 3 (G8 Santiago-G9 Indanza presa baja)**, considerándose en primera instancia la construcción del sitio G8 denominado PH Santiago (PHS).