
	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA MATRIZ ELÉCTRICA ÓPTIMA DE CHILE AL 2030



Un estudio desarrollado por



Patrocinado por



26 de Diciembre, 2011

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

RESUMEN EJECUTIVO

Los conflictos recientes relativos a las evaluaciones ambientales de los proyectos de generación eléctrica han puesto de manifiesto que el modelo actual de incorporación de proyectos a la matriz energética no asegura el desarrollo sustentable del sector y que la falta de una política energética en Chile amenaza la disponibilidad de energía eléctrica a precios competitivos. En efecto, la ausencia de una política pública para el desarrollo eléctrico nacional se traduce en evaluaciones ambientales proyecto a proyecto con alta conflictividad social, lo cual provoca largas demoras en la ejecución de los proyectos, incrementando el costo de la energía al consumidor. Por ello, no es posible asegurar que las decisiones que se toman actualmente respecto a los proyectos de generación eléctrica son las mejores desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Resulta relevante para el país preguntarse entonces, cuál sería la matriz eléctrica de elección si se diseña una política pública que oriente el desarrollo del sector eléctrico hacia maximizar los beneficios económicos y sociales, y minimizar los costos ambientales. Para responder esta pregunta, se requiere de un instrumento de evaluación de políticas o planes que pueda considerar factores económicos, sociales y ambientales de una manera más comprensiva y completa que la propia del análisis proyecto a proyecto.



La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es una herramienta de evaluación de políticas, planes y programas que incorpora, además de criterios y variables sociales y económicas, criterios y variables ambientales, permitiendo así evaluar la sustentabilidad de largo plazo de las distintas opciones de decisión. La EAE se emplea extensivamente en Europa, donde tiene carácter legal desde 2001 (Directiva 2001/42/CE), y se caracteriza por comparar alternativas, de modo de identificar la mejor opción para una política, plan o programa que tiene efectos sobre la planificación territorial y el desarrollo regional. En Chile, la EAE se transformó en una herramienta legal de evaluación ambiental en 2011, con la dictación de la ley N° 20.417, pero cuya aplicabilidad se ha restringido sólo a la planificación territorial.

El objetivo de este trabajo, realizado por el Centro de Economía Sustentable y Cambio Climático (CESUCC) de la Universidad de Chile, fue evaluar, mediante una Evaluación Ambiental Estratégica, cinco matrices alternativas de desarrollo futuro de la generación eléctrica del país, para el período 2012-2030, considerando los efectos, impactos e implicaciones sociales, económicos y ambientales de cada matriz.

El empleo de la metodología de EAE para evaluar escenarios energéticos fue propuesto originalmente por Noble and Storey (2001) y consiste en un análisis multi-criterio que compara, evalúa y selecciona alternativas con efectos multidimensionales; en este caso, planes de desarrollo eléctrico de largo plazo.

Se definió que la Matriz de Generación Eléctrica Óptima para el país a 2030 debe satisfacer los siguientes objetivos del desarrollo sustentable:

- Minimizar los impactos ambientales negativos;
- Maximizar el beneficio económico; y
- Maximizar el bienestar social.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Cada uno de estos 3 objetivos se descompuso subsecuentemente en 7 y 9 criterios, los cuales fueron usados para comparar las distintas matrices eléctricas “en pares”, utilizando un proceso analítico jerárquico (AHP por su singla en inglés) y la metodología Delphi.



Esto fue realizado encuestando individualmente a un panel de expertos de reconocida experiencia en su campo para cada objetivo (ambiental, económico, social). De este modo, se pudo obtener una matriz eléctrica considerada óptima por cada panel, para la cual en cada una de las áreas (ambiental, económica y social) se dio a los criterios la ponderación promedio recomendada por cada panel de expertos. Asimismo, se obtuvo una matriz eléctrica considerada Óptima para el conjunto de los tres paneles de expertos usando el peso que el conjunto de los expertos le confirió a los objetivos ambiental, económico, y social en la matriz eléctrica a 2030.

Los planes de desarrollo eléctrico evaluados en la EAE se configuraron considerando una potencia instalada SIC-SING al 2010 de 15.842 MW, que debiera crecer a aproximadamente 30.000 MW para el 2030. Sin embargo, para poder comparar apropiadamente distintas configuraciones de matrices eléctricas en las cuales predominan distintas tecnologías de generación, se utilizó como factor común una energía generada de 150.000 Gwh. En todas las matrices se asumió la interconexión SIC-SING antes de 2030.

Cada una de las 5 matrices evaluadas en esta EAE presenta una mezcla específica de distintos tipos de generación eléctrica y se caracteriza porque predomina en ella un tipo de fuente de generación distinta del de las cuatro matrices restantes. Las matrices consideradas son:

1. Preferentemente HÍDRICA, considera los proyectos hídricos de Aysén y otros en la zona central de Chile, para aproximadamente 51% de la matriz energética a 2030. Esta matriz, junto la matriz BAU, es la única matriz que considera los proyectos hídricos de Aysén.
2. Preferentemente TÉRMICA, considera proyectos de generación termoeléctrica a carbón y gas natural, para aproximadamente 67% de la matriz energética a 2030.
3. Preferentemente Energía Renovable No Convencional (ERNC), la cual considera proyectos hídricos, eólicos, solares, geotérmicos, y biomasa, para aproximadamente 31% de la matriz energética a 2030.
4. Incluye NUCLEAR, la cual considera 4 proyectos de generación nuclear, para aproximadamente 15% de la matriz energética a 2030. Esta es la única matriz que considera proyectos nucleares.
5. “Business as Usual” o No Innovar (BAU), que considera la evolución tendencial de la matriz eléctrica del año 2010 hasta 2030, según los información del Ministerio de Energía a 2010.

Estas matrices eléctricas se comparan en el Cuadro 1.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Cuadro 1. Alternativas de Matrices Eléctricas comparadas en la EAE.

Matriz Eléctrica	TOTAL MW	% Hídrica	% Térmica	% ERNC	% Nuclear
HÍDRICA	33.245	51*	39	10	0
TÉRMICA	29.210	23	67	10	0
ERNC	33.024	20	49	31	0
NUCLEAR	30.184	35	40	10	15
No Innovar (BAU)	31.525	40*	50	10	0

*Incluye el desarrollo de los megaproyectos en Aysén.

En la encuesta, a cada experto se le pidió comparar en el área de su especialidad las alternativas de matrices eléctricas respecto de cada criterio en el objetivo respectivo (ambiental, económico, social). Se le preguntó adicionalmente en qué proporción ponderaba los factores económicos, ambientales y sociales en el diseño de una matriz eléctrica al 2030. Usando esa ponderación, se calculó el puntaje asignado por cada una de las 5 matrices para cada objetivo y se determinó la matriz que mejor cumple con los 3 objetivos, y por lo tanto, maximiza la sustentabilidad del desarrollo eléctrico.



Los resultados obtenidos muestran que, para evaluar las alternativas y elegir la matriz óptima, los 60 expertos otorgaron una ponderación relativa de 47%, 22% y 31% a los objetivos sociales, económicos, y ambientales.

Los resultados sobre el peso relativo asignado a los criterios específicos del objetivo ambiental indican que los criterios considerados más relevantes por los expertos ambientales fueron las emisiones atmosféricas de alcance local (20,8%), la destrucción de hábitat (15,5%) y la generación de residuos peligrosos (13,9%).

Los criterios específicos considerados más relevantes por los expertos económico-energéticos fueron la eficiencia económica (17,0%), la competencia (15,1%) y la seguridad, calidad y estabilidad del suministro (15,1%). Mientras que para los expertos del panel social los criterios específicos más importantes fueron la salud pública (32,4%), la seguridad (15,9%), y los efectos sobre las comunidades (13,7%).

La salud pública es el criterio que tiene más peso relativo entre todos los criterios evaluados en la EAE, seguido por el efecto de las emisiones atmosféricas de alcance local.

El Cuadro 2 muestra los resultados de las preferencias obtenidos para las matrices de desarrollo eléctrico evaluadas, obtenidas por cada panel, y la Matriz Óptima que considera el peso ponderado del resultado de cada Panel.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	



Cuadro 2. Comparación entre las matrices de desarrollo eléctrico para Chile 2010-2030 (%).

Matriz	MATRIZ ÓPTIMA*	Panel Ambiental	Panel Económico	Panel Social
Preferentemente ERNC	28,5	21,2	27,9	33,4
Preferentemente HÍDRICA	26,4	27,4	25,0	26,4
Incluye NUCLEAR	15,5	20,1	18,5	11,0
BAU o No Innovar	15,3	14,8	13,1	16,6
Preferentemente TÉRMICA	14,4	16,6	15,5	12,5

* Considera una ponderación de 22,1% del panel económico, 47,2 % del panel social y 30,7 % del panel ambiental.



La conclusión de la EAE es que la Matriz Eléctrica Óptima para Chile al año 2030, considerados los objetivos específicos ambientales, económicos, y sociales del desarrollo, es la que incorpora un porcentaje importante (31%) de Energías Renovables No Convencionales (ERNC). En esta matriz no se incluye el desarrollo de los megaproyectos localizados en Aysén. Esta matriz es preferida a la HÍDRICA fundamentalmente por la ponderación de los expertos económicos y sociales.

A continuación y muy próxima de la matriz ERNC, se sitúa la Matriz preferentemente HÍDRICA, la cual sí considera el desarrollo de los megaproyectos localizados en Aysén. Desde el punto de vista de los impactos ambientales, esta matriz es preferida por los expertos ambientales a la Matriz ERNC, puesto que esta última incluye un porcentaje relevante (49%) de componente térmico.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

ÍNDICE

1	JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	1
2	METODOLOGÍA.....	3
2.1	ETAPA A. ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA EAE	4
2.2	ETAPA B. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	6
2.2.1	Matriz Preferentemente HÍDRICA	7
2.2.2	Matriz Preferentemente TÉRMICA.....	9
2.2.3	Matriz Preferentemente ERNC.....	11
2.2.4	Matriz con Opción NUCLEAR.....	15
2.2.5	Matriz BAU o Preferentemente No Innovar	16
2.3	ETAPA C. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DE EXPERTOS.....	17
2.4	ETAPA D. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS – DELPHI 1.....	21
2.5	ETAPAS E Y F. PRÓXIMOS PASOS.....	25
3	RESULTADOS.....	26
3.1	RESULTADOS DEL PANEL AMBIENTAL.....	26
3.2	RESULTADOS DEL PANEL ECONÓMICO	28
3.3	RESULTADOS DEL PANEL SOCIAL	30
3.4	MATRIZ ELÉCTRICA CHILENA ÓPTIMA AL 2030	32
4	CONCLUSIONES	35
5	EQUIPO DE TRABAJO DEL ESTUDIO	37
6	LISTA DE EXPERTOS INVITADOS A PARTICIPAR EN LA EAE	38



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Planta de las Distintas Tecnologías de Generación.....	7
Tabla 2. Proyectos Hidroeléctricos en Carpeta.	8
Tabla 3. Proyectos Termoeléctricos en Carpeta.....	10
Tabla 4. Proyectos ERNC en Carpeta.....	12
Tabla 5. Criterios Definidos para el Objetivo Ambiental de la EAE.	18
Tabla 6. Criterios Definidos para el Objetivo Económico de la EAE.	18
Tabla 7. Criterios Definidos para el Objetivo Social de la EAE.	19
Tabla 8. Expertos Invitados y Participantes en la EAE. Delphi-1.	21
Tabla 9. Escala de Valoración de Preferencias	23
Tabla 10. Porcentaje de Respuestas Consistentes por Área.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la EAE.	4
Figura 2. Matriz Eléctrica de Chile. Potencia Instalada Año 2010.....	5
Figura 3. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente HIDRICA.....	9
Figura 4. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente TÉRMICA.	11
Figura 5. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente ERNC.....	14
Figura 6. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente Nuclear.....	16
Figura 7. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa BAU.	17
Figura 8. Efecto del Tamaño del Panel en el Error de la Respuesta de un Panel de Expertos.	20
Figura 9. Peso Relativo de los Criterios Ambientales en el Objetivo “ <i>Minimizar los Impactos Ambientales Negativos</i> ”.....	26
Figura 10. Matriz que Minimiza los Impactos Ambientales Negativos Según el Panel Ambiental.	27
Figura 11. Resultados del Panel Ambiental Desagregados por Criterio.....	28
Figura 12. Peso Relativo de los Criterios Económicos en el Objetivo “ <i>Maximizar el Beneficio Económico</i> ”.....	28
Figura 13. Matriz que Maximiza el Beneficio Económico Según el Panel Económico.	29
Figura 14. Resultados del Panel Económico Desagregado por Criterio.	30
Figura 15. Peso Relativo de los Criterios Sociales en el Objetivo “ <i>Maximizar el Bienestar Social</i> ”.	30
Figura 16. Matriz que Maximiza el Bienestar Social Según el Panel Social.....	31
Figura 17. Resultados del Panel Social Desagregados por Criterio.	32
Figura 18. Peso Relativo de los Objetivos Ambiental, Económico y Social en la Configuración de la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030.....	32
Figura 19. Triángulo de Nijkamp.	33
Figura 20. Matriz Eléctrica Óptima de Chile al 2030.	34

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Este estudio nace como un aporte del Centro de Economía Sustentable y Cambio Climático de la Universidad de Chile (CESUCC) al debate actual que se desarrolla en el país sobre el desarrollo eléctrico nacional.

Los conflictos recientes asociados a las evaluaciones ambientales de los megaproyectos de generación eléctrica han puesto de manifiesto que el modelo actual de incorporación de proyectos a la matriz energética dista mucho de generar consenso en la sociedad chilena y que la falta de una política energética en Chile amenaza la disponibilidad de energía eléctrica a costo competitivo. Sin ir más lejos, esta semana el Presidente de la República ha afirmado la semana pasada que *“la energía en Chile es excesivamente cara y sus precios están muy por encima de competidores nuestros”*, y anunció *“una nueva política energética de Estado”* para los próximos días¹.

La situación actual, en que la ausencia de una política pública sobre el desarrollo eléctrico nacional se traduce en evaluaciones ambientales proyecto a proyecto con alta conflictividad social, provoca largas demoras en la ejecución de los proyectos, incrementando el costo de la energía al consumidor. Más importante aún, no es posible asegurar que las decisiones que se toman actualmente respecto a los proyectos de generación eléctrica son las mejores desde el punto de vista económico, social y ambiental, y por lo tanto, no existe la certidumbre de que Chile esté caminando en el sentido de asegurar el desarrollo sustentable del sector eléctrico.

Este diagnóstico es compartido por una serie de expertos, instituciones y centros de estudio que han abordado el tema del desarrollo del sector eléctrico nacional. Por ejemplo, la Comisión Ciudadana Técnico Parlamentaria para la Política y Matriz Eléctrica² señala los siguientes elementos constitutivos del diagnóstico de la situación actual:



- Falta de liderazgo estratégico del Estado en el desarrollo del sector eléctrico.
- Altos precios de la electricidad.
- Dependencia energética.
- Vulnerabilidad del sistema eléctrico chileno.
- Elevada concentración de la propiedad en el sector eléctrico.
- El patrón del desarrollo eléctrico provoca graves impactos socio-ambientales.
- El modelo energético basado en ampliar la capacidad de generación, ignora la posibilidad real de gestionar el consumo.

Uno de los temas centrales en el desarrollo eléctrico nacional es el rol actual del sector privado, en la definición del desarrollo estratégico del sector, pues el rol actual del Estado se limita a elaborar un Plan Indicativo de Obras en base a los proyectos que presentan las empresas generadoras privadas, sin obligación de llevarlos a la práctica, y sin un objetivo nacional de largo plazo.

Este modelo ha sido exitoso en asegurar inversionistas para el servicio público de generación de electricidad, pero -como es consenso nacional- no ha cumplido con conducir al país a un sistema de generación eléctrica de mínimo costo, alta seguridad de suministro y de bajos impactos sociales y ambientales.

¹ Discurso de S. Piñera en cena del Consejo Minero del 23.11.11. La Segunda del 24.11.11.

² *“Chile Necesita una Gran Reforma Energética”*, Comisión Ciudadana Técnico-Parlamentaria para la Transición hacia un Desarrollo Eléctrico Limpio, Seguro, Sustentable y Justo, Octubre 2011.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Para Chile, la discusión sobre el modelo de política de desarrollo eléctrico es crítica, ya que se espera que la demanda crezca de manera importante en los próximos 20 años, acorde con el desarrollo económico del país. Se estima que una vez que los sistemas SIC (Sistema Interconectado Central) y SING (Sistema Interconectado del Norte Grande) se interconecten, la demanda adicional en potencia instalada sea del orden de los 15.000 MW para el 2030³.

Resulta relevante para el país preguntarse entonces, qué pasa si invertimos el orden de las cosas en el desarrollo eléctrico? Vale decir, en vez de esperar que las empresas privadas presenten sus proyectos específicos de generación, Chile les indique que Matriz Eléctrica quiere en 2030, y ellas orienten sus proyectos para cumplir con ese marco referencial.

Dicho de otra manera, cuál sería la Matriz Eléctrica en 2030 si se diseñara una política pública que oriente el desarrollo del sector eléctrico hacia maximizar los beneficios económicos y sociales, y minimizar los costos ambientales?

Para responder esta pregunta, se requiere de un instrumento de evaluación de políticas o planes públicos que pueda considerar factores económicos, sociales y ambientales de una manera más comprensiva y completa que la propia del análisis proyecto a proyecto.

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es una herramienta de evaluación de políticas, planes y programas que incorpora, además de las variables sociales y económicas, las variables ambientales, permitiendo así evaluar la sustentabilidad de largo plazo de distintas opciones de decisión.

La EAE nació como un proceso sistemático e integral de evaluar -en una fase temprana- los efectos ambientales de una política, plan o programa público y sus alternativas⁴. Si bien la EAE se enfocó inicialmente en los impactos ambientales de las políticas públicas, su visión integral permite que el proceso analice potenciales interacciones entre los aspectos ambientales del desarrollo sustentable con los aspectos económicos y sociales⁵. De ello se desprende que la EAE corresponde a un ejercicio esencialmente multi-dimensional, que necesariamente debe ser abordado con un enfoque multi-criterio.

La EAE se emplea extensivamente en Canadá⁶ y Europa, donde tiene carácter legal desde 1999 y 2001 respectivamente (Directiva 2001/42/CE). La EAE se caracteriza por comparar alternativas, de modo de identificar la mejor opción para una política, plan o programa que tiene efectos ambientales, económicos y sociales sobre la planificación territorial y el desarrollo regional. En Chile, la EAE se transformó en una herramienta legal de evaluación ambiental en 2011, con la dictación de la ley N° 20.417, pero cuya aplicabilidad se ha restringido sólo a la planificación territorial.



El objetivo de este trabajo, realizado por el Centro de Economía Sustentable y Cambio Climático (CESUCC) de la Universidad de Chile, fue evaluar en forma comparativa, mediante una Evaluación Ambiental Estratégica, cinco matrices alternativas de generación eléctrica del país, para el período 2012-2030, considerando los efectos, impactos e implicaciones sociales, económicos y ambientales de cada matriz, con el objeto de obtener la Matriz Eléctrica que maximiza los objetivos del desarrollo sustentable al 2030.

³ Proyección del Ministerio de Energía a 2030 en: *Núcleo-electricidad en Chile. Posibilidades, Brechas y Desafíos*, 2010.

⁴ R.Thérivel and M.R.Partidário. "The Practice of Strategic Environmental Assessment"(1996).

⁵ L.Pintér, D.Swanson, J.E.Barr."Strategic Environmental Assessment: A Concept in Progress" The World Bank Institute 2004.

⁶ CEAA, Canadian Environmental Assessment Agency (1999), Cabinet Directive on the Environmental Assessment of Policy, Plan and Program Proposals (Minister of Supply and Services, Canada, Ottawa).

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

2 METODOLOGÍA

La EAE de este estudio empleó la combinación de dos metodologías: el proceso analítico jerárquico (AHP, por su sigla en inglés) y el método Delphi. La EAE desarrollada por Noble (2002)⁷ sobre la política energética de Canadá fue la primera que utilizó estas metodologías.

La metodología AHP/Delphi aplicada permite utilizar análisis experto para la evaluar las implicaciones e impactos sociales, económicos y ambientales de un conjunto de matrices eléctricas alternativas factibles para Chile al año 2030, y determinar la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030. La metodología es lo suficientemente genérica como para permitir priorizar una alternativa estratégica a partir de objetivos y criterios ambientales, sociales y económicos, jerarquizados.

Debido a la naturaleza de esta evaluación, la cual involucra la predicción de impactos a un horizonte temporal de mediano y largo plazo y, por tanto, con alta incertidumbre, la capacidad de predecir de manera cuantitativa los potenciales impactos de las distintas matrices eléctricas es limitada. Considerando lo anterior, la metodología de predicción y evaluación de impactos futuros inciertos que mejor se ajusta a los requerimientos de la presente EAE es la de un panel de expertos, realizada mediante la técnica Delphi de análisis experto grupal.

El método Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos especialmente escogidos a los que se les pregunta su opinión –en la forma de cuestionario o encuestas– sobre asuntos o acontecimientos del futuro. Los expertos son consultados por medio de encuestas iterativas que permiten la retro-alimentación a los mismos, otorgando la posibilidad de revisar sus juicios iniciales y eventualmente cambiarlos. Lo anterior tiene como objetivo disminuir el espacio intercuartil entre los juicios elaborados por los distintos expertos, precisando la mediana, es decir generando mayor consenso entre los expertos. Otra ventaja del método es que las encuestas son de carácter anónimo o confidencial, lo que permite a los expertos expresar su juicio libremente.

Para identificar la matriz eléctrica óptima entre las alternativas analizadas, se emplea el análisis jerárquico (AHP, *Analytical Hierarchy Process*) propuesto inicialmente por Saaty (1977)⁸, y que aquí se aplica mediante el software *Expert Choice*⁹. AHP utiliza comparaciones secuenciales de pares de alternativas según criterios de selección previamente definidos y que permiten generar un ranking priorizado de las alternativas bajo análisis y, de esta forma, identificar aquella alternativa que mejor satisface los múltiples criterios y, logrando maximizar la consecución del objetivo definido por dichos criterios (en este caso, la sustentabilidad social, económica y ambiental de la matriz eléctrica del país al 2030). Una ventaja de utilizar el método AHP en la evaluación de las alternativas, es que este incluye un test para medir la consistencia lógica de los valores asignados por los expertos al responder las encuestas.

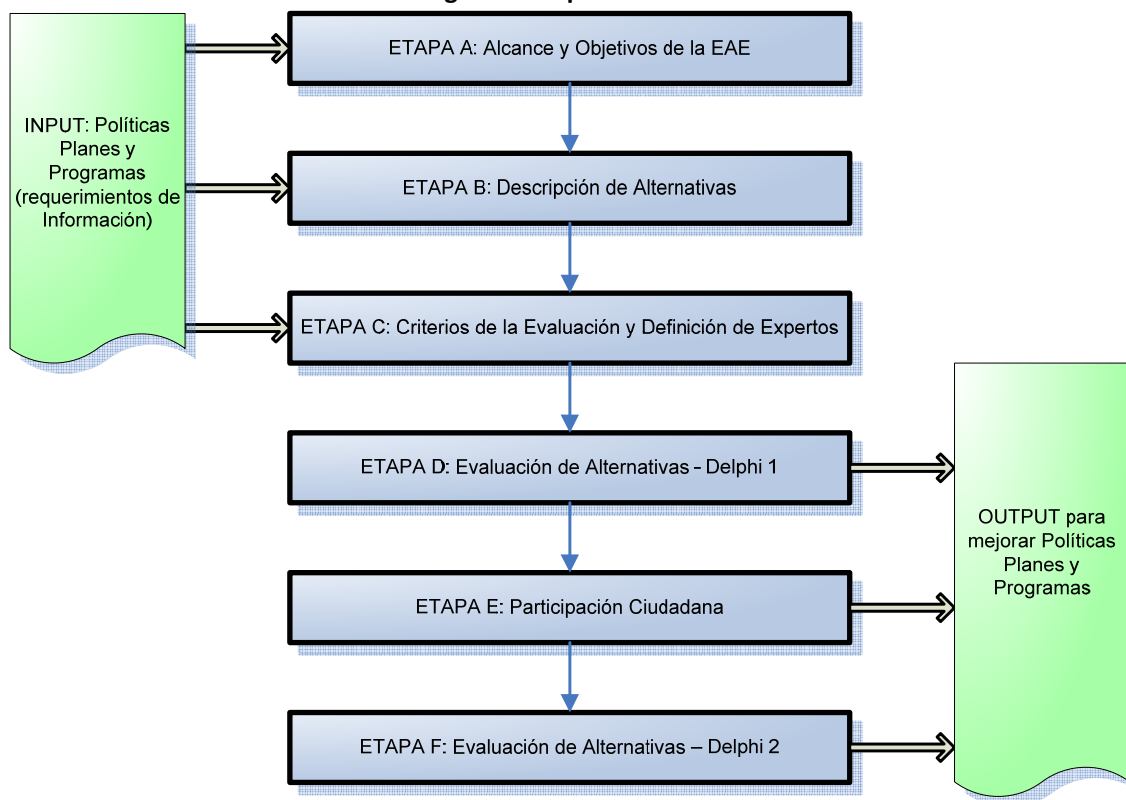
Esta EAE ha considerado en su desarrollo una metodología de seis etapas sucesivas, las cuales se presentan en la Figura 1. Etapas de la EAE.

⁷ B.F.Noble. *Strategic environmental assessment of Canadian energy policy*. Impact Assessment and Project Appraisal, 20 (3), September 2002, 177–188.

⁸ T.L. Saaty. “A scaling method for priorities in hierarchical structures”. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 1977 pages 243–281.

⁹ www.expertchoice.com

Figura 1. Etapas de la EAE.



Fuente: Elaboración Propia.

La metodología y resultados expuestos en este informe corresponden a la ejecución de las etapas A a D, las cuales fueron desarrolladas entre agosto y noviembre de 2011. Los próximos pasos de este trabajo, etapas E y F, se delinearán en la Sección 2.5 de este Informe y serán desarrollados hasta Marzo 2012.



A continuación se describe la metodología de esta EAE de la Matriz Eléctrica de Chile al 2030.

2.1 ETAPA A. ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA EAE

En esta etapa se determinaron el alcance y objetivos de la EAE. Para determinar el alcance, se revisó la situación actual en materia de desarrollo eléctrico, la configuración de su matriz eléctrica al año 2010, y las principales opciones, desafíos, dificultades, y carencias que presenta el país en términos de su desarrollo eléctrico. Para ello, se revisó la bibliografía existente sobre la materia y se realizaron algunas entrevistas con expertos.

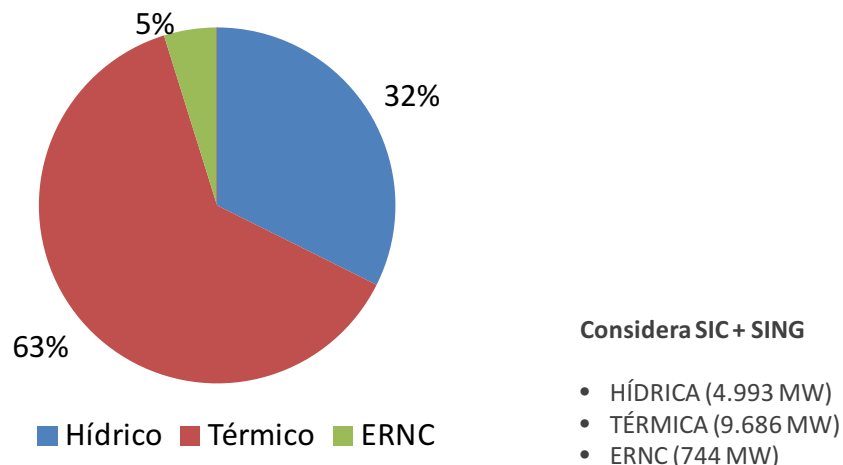
De este modo, el alcance de la EAE quedó fijado por las siguientes consideraciones:

- El horizonte temporal abarca hasta el año 2030, por cuanto éste es un período para el cual se puede evaluar alternativas de política pública en el sector eléctrico y tomar decisiones sobre ellas con grados razonables de incertidumbre.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

- Se comparan 5 matrices eléctricas alternativas factibles técnicamente, que consideran debidamente la realidad nacional y las opciones relevantes a 2030.
- Estas matrices eléctricas deben generar la misma cantidad de energía y estar constituidas por proyectos de generación eléctrica razonablemente identificables. Debido al factor de planta de cada tecnología de generación, las matrices tendrán potencias instaladas distintas.
- Todas las alternativas de matrices eléctricas consideran la interconexión de los sistemas eléctricos SIC-SING. Este supuesto ha sido validado por un informe reciente de la Comisión Asesora para el Desarrollo Eléctrico (CADE, 2011)¹⁰, que señala que la interconexión SIC-SING tendría importantes beneficios económicos y ambientales.
- Las matrices no consideran el factor eficiencia energética, pues tratándose de una evaluación comparativa, este factor se puede asumir semejante o común en todas ellas.
- La línea base de la EAE está dada por la Matriz Eléctrica de Chile a 2010, la cual se aprecia en la Figura 2, que incorpora los datos SIC más SING y considera 15.422¹¹ MW de potencia instalada.

Figura 2. Matriz Eléctrica de Chile. Potencia Instalada Año 2010.





Objetivo de la EAE

El objetivo de la EAE fue evaluar en forma comparativa cinco posibles matrices alternativas de generación eléctrica para determinar la Matriz Eléctrica Chilena Óptima a 2030. Se definió que la Matriz Eléctrica Chilena Óptima debe satisfacer los siguientes objetivos del desarrollo sustentable:

- Minimizar los impactos ambientales negativos;
- Maximizar el beneficio económico; y
- Maximizar el bienestar social.

¹⁰ Comisión Asesora para el Desarrollo Eléctrico (CADE). Noviembre 2011. P.72.

¹¹ *Capacidad Instalada por Sistema Eléctrico Nacional*. Comisión Nacional de Energía, 2010.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Un objetivo implícito de la EAE, por estar incluido en la metodología empleada, fue establecer una opinión experta y consensuada respecto del peso relativo a asignar a cada uno de estos tres objetivos (ambiental, económico y social), para evaluar la configuración de la Matriz Eléctrica Óptima a 2030.

2.2 ETAPA B. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

La identificación, caracterización y selección de alternativas que se someten al proceso de EAE constituye una parte esencial del proceso¹². La EAE evaluó diferentes matrices eléctricas alternativas para conseguir el objetivo de “determinar la Matriz Eléctrica Óptima para Chile al año 2030” establecido en la Etapa A de la EAE. Las matrices eléctricas alternativas fueron construidas considerando diferentes políticas que pudiesen generar incentivos para el desarrollo de distintas tecnologías de generación eléctrica.

Las matrices alternativas consideradas en la EAE son:

1. Preferentemente HÍDRICA: considera el desarrollo de los megaproyectos hídricos de Aysén y otros en la zona central de Chile, para constituir un 51% de la matriz eléctrica en 2030.
2. Preferentemente TÉRMICA: considera proyectos de generación termoeléctrica a carbón y gas natural, para aproximadamente 67% de la matriz eléctrica a 2030.
3. Preferentemente Energía Renovable No Convencional (ERNC): considera proyectos hídricos, eólicos, solares, geotérmicos y de biomasa para constituir un 31% de la matriz eléctrica a 2030.
4. Incluye Opción NUCLEAR: considera 4 proyectos de generación nuclear, para constituir un 15% de la matriz eléctrica a 2030. Esta es la única matriz que considera proyectos nucleares.
5. Preferentemente BAU o No Innovar: considera la evolución tendencial de la matriz eléctrica del año 2010 hasta 2030. Esta matriz por fuente de generación en 2030 sería: 40% hídrica, 50 % termoeléctrica, y 10% ERNC.

Las cinco matrices alternativas se elaboraron tomando en consideración los proyectos actualmente aprobados y en calificación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), las proyecciones de requerimientos energéticos realizadas por el Ministerio de Energía, estudios y publicaciones sobre potenciales de generación de las distintas tecnologías, y opiniones de profesionales expertos ligados a instituciones académicas, empresas de generación e instituciones de gobierno.

Como parte del alcance de la EAE, todas las matrices consideraron la interconexión SIC-SING y la generación de la misma cantidad de energía – 150.000 GWh¹³– con un margen adicional de reserva de 20%.

Para el cálculo de la potencia instalada requerida por cada una de las matrices alternativas, se utilizaron los factores de planta típicos de tecnologías de generación competitivas que se presentan en la Tabla 1.

¹² A. Steinemann. *Improving alternatives for environmental impact assessment*. EIA Rev. 2001;21(1): 3 – 21.

¹³ Proyección del Ministerio de Energía a 2030 en: *Núcleo-electricidad en Chile. Posibilidades, Brechas y Desafíos*, 2010.

Tabla 1. Factores de Planta de las Distintas Tecnologías de Generación¹⁴.

Tecnología de Generación	Factor de Planta
Termoeléctrica	80%
Hidroeléctrica	50%
Nuclear	90%
Eólica	35%
Solar	25%
Biomasa	80%
Geotérmica ¹⁵	85%
Mini-Hidroeléctrica	45%

A continuación se describe cada una de las matrices alternativas evaluadas en esta EAE.

2.2.1 Matriz Preferentemente HÍDRICA

La matriz eléctrica preferentemente HÍDRICA considera la implementación de políticas que favorezcan la generación de electricidad principalmente mediante centrales hidroeléctricas tradicionales (no ERNC), tanto de pasada como de embalse. Para proyectar esta matriz al año 2030, se tomó en consideración que la potencia instalada actual (año 2010) debe crecer al año 2030 a 33.245 MW.

Según la Comisión Nacional de Energía (CNE), la potencia instalada en Chile en el año 2010 (SIC y SING) es de 15.422 MW, de los cuales un 32% (i.e. 4.993 MW) son aportados por centrales hidroeléctricas tradicionales.

La presente matriz eléctrica considera que la totalidad de los proyectos hídricos en carpeta que al año 2010 cuenten con una resolución de calificación ambiental favorable, serán ejecutados al año 2030. Estos proyectos se identifican en la Tabla 2.

Los proyectos hidroeléctricos aprobados en el SEIA y que aun no se encuentran instalados totalizan 4.465,5 MW¹⁶. De estos, 3.321 MW serían aportados por hidroeléctricas de Embalse y 1.144,5 MW por hidroeléctricas de pasada.

Adicionalmente, se ha incluido en la presente alternativa la ejecución del proyecto Río Cuervo (600 MW) en la Región de Aysén, el cual fue rechazado ambientalmente y que podría ser eventualmente tramitado en el SEIA en una nueva instancia; y los proyectos río Cóndor y río Blanco. Los tres proyectos anteriormente mencionados suman 1.054 MW de capacidad instalada.

Si bien es necesario que la configuración de una matriz preferentemente hidroeléctrica considere los proyectos en carpeta, estos no son suficientes para proveer la potencia hídrica instalada requerida al año 2030. Luego, es necesario revisar el potencial técnicamente factible de generación hídrica en el país.

¹⁴ Basado en: M. Ahlers y A. Arellano. *Estudio de Tecnologías de Generación ERNC*. Universidad Católica de Chile, 2010.

¹⁵ C. Jorquera. *"Energía Geotérmica"*. Universidad de Chile, 2009.

¹⁶ Para el cálculo de la potencia instalada hídrica aprobada en el SEIA, se han descontado los proyectos hidroeléctricos de pasada cuya potencia es menor a 20 MW, por clasificarse como proyectos ERNC; y se ha considerado únicamente la fracción no asimilable a ERNC de aquellas centrales menores a 40 MW. Lo anterior, según lo indicado en la Ley N° 20.257.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 2. Proyectos Hidroeléctricos en Carpeta.

Sistema	Región	Nombre	Potencia (MW)	Estado	Tipo
SIC	RM	Alfalfal II (Alto Maipo)	272	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	XIV	Casualidad	21 (*)	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VII	Centinela (Proyecto Achibueno)	105	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VI	Chacayes	111	En Construcción	Pasada
SIC	VII	El Castillo (Proyecto Achibueno)	30 (*)	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VI	El Paso	30 (*)	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VIII	Laja	34 (*)	En Construcción	Pasada
SIC	RM	Las Lajas (Alto Maipo)	270	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VII	Los Cóndores	150	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VIII	Ñuble	136	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	X	Río Blanco Hornopirén	26 (*)	En Construcción	Pasada
SIC	XIV	Rucatayo	60	En Construcción	Pasada
SIC	VI	San Andrés	31 (*)	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VIII	Trupán	36 (*)	SEIA Aprobado	Pasada
SIC	VIII	Angostura (Ex Santa Bárbara)	316	En Construcción	Embalse
SIC	XIV	Los Lagos	53	SEIA Aprobado	Embalse
SIC	XIV	Osorno	58	SEIA Aprobado	Embalse
SIC	XIV	San Pedro	144	En Construcción	Embalse
AYSEN	XI	Hydroaysén	2.750	SEIA Aprobado	Embalse

(*) Corresponde a la potencia máxima de la Central. Para la suma total, se ha considerado únicamente la fracción no asimilable a ERNC.

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SEIA.

Según estimaciones realizadas por empresas generadoras, y considerando, entre otros, el potencial hidroeléctrico aportado por los derechos de agua ya asignados por la Dirección General de Aguas (DGA) pero aún no utilizados, se prevé que existe potencial para generar 6.480,5 MW adicionales en proyectos aún no presentados al SEIA.

Luego, la matriz preferentemente HÍDRICA considera –adicionalmente a los 4.465,5 MW aportados por los proyectos hidroeléctricos aprobados en el SEIA– 1.054 MW aportados por los proyectos hidroeléctricos de río Cuervo, Cóndor y Blanco; y el aporte de 6.480,5 MW por proyectos aun no presentados al SEIA. Lo anterior implica una capacidad instalada de 12.000 MW adicionales a los existentes únicamente mediante centrales hidroeléctricas no ERNC, logrando de este modo aportar 51% de la potencia instalada al año 2030.

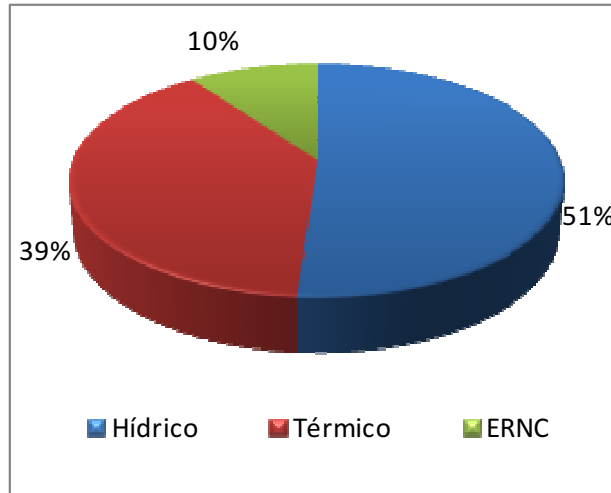
Respecto a la potencia instalada por ERNC, la presente alternativa considera el cumplimiento del artículo 150 bis de la Ley N°20.257, el cual establece que cada empresa eléctrica –que tenga una capacidad instalada mayor a 200 MW– deberá acreditar que el 10% de sus retiros sean generados por medios renovables no convencionales. Considerando lo anterior, la potencia instalada mediante ERNC para la presente matriz es de 3.300 MW, de los cuales 2.580 MW corresponderían a potencia adicional a la actualmente instalada. Los proyectos ERNC considerados en esta alternativa corresponden principalmente a pequeñas centrales hídricas de pasada (186 MW), proyectos geotérmicos (700 MW), proyectos eólicos (1.539 MW), solares (50 MW) y de generación mediante biomasa (81 MW).

Finalmente, para la estimación de la potencia instalada aportada por centrales termoeléctricas, en esta matriz se ha considerado que la totalidad de la potencia no cubierta mediante centrales hidroeléctricas y proyectos ERNC será aportada por centrales termoeléctricas. Lo anterior equivale a

3.266 MW, los cuales serán aportados principalmente por proyectos térmicos que utilizan carbón y gas como combustible ubicados en la Región de Antofagasta, de Atacama y del Bio Bio.

La Figura 3 presenta la conformación de la potencia instalada de esta matriz, desagregada por fuente de generación eléctrica.

Figura 3. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente HIDRICA



2.2.2 Matriz Preferentemente TÉRMICA

La matriz eléctrica preferentemente TÉRMICA considera la implementación de políticas que favorezcan la generación eléctrica principalmente mediante centrales termoeléctricas que utilicen gas, carbón y petróleo como combustible. Para proyectar esta matriz al año 2030, se tomó en consideración que la potencia instalada actual (año 2010) debe crecer al año 2030 hasta 29.210 MW.

La potencia instalada actual en Chile (año 2010) es de 15.422 MW, de los cuales 63% (i.e., 9.686 MW) es aportado por centrales termoeléctricas que utilizan carbón, gas, petcoke o petróleo diesel como combustible.

La matriz Preferentemente Térmica considera que al año 2030 se encuentren instalados la totalidad de proyectos térmicos que cuenten con una resolución de calificación ambiental favorable. Estos proyectos se identifican en la Tabla 3.

Los proyectos termoeléctricos aprobados en el SEIA y que aun no se encuentran instalados totalizan 9.405 MW. Las centrales térmicas que suministrarán energía al SIC sumarían una potencia instalada de 6.086 MW, mientras que los que se conectarán al SING sumarían una potencia de 3.319 MW.

En la Tabla 3 se observa que los proyectos termoeléctricos en carpeta corresponden principalmente a centrales que utilizan carbón como combustible principal. Además, estos proyectos se concentran principalmente en la Región de Atacama para abastecer el SIC y en la Región de Antofagasta para abastecer el SING.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 3. Proyectos Termoeléctricos en Carpeta.

Sistema	Región	Nombre	Potencia (MW)	Estado	Combustible Principal
SING	XV	Parinacota	38	Aprobado	Petróleo Diesel
SING	I	Patache	110	Aprobado 2011	Carbón
SING	I	Pacífico	350	Aprobado 2011	Carbón
SING	II	Salar	60	Aprobado 2008	Gas Natural
SING	II	Barriles Térmica	103	Aprobado 2008	Petróleo Diesel
SING	II	CT Andina	165	Aprobado (opera desde 2011)	Carbón
SING	II	CT Horcones	165	Aprobado (opera desde 2011)	Carbón
SING	II	Infra. Energética Mejillones	750	Aprobado 2010	Carbón
SING	II	Cochrane	560	Aprobado 2009	Carbón
SING	II	Kelar	500	Aprobado (opera desde 2011)	Carbón
SING	II	Angamos	518	Aprobado (opera desde 2011)	Carbón
SIC	III	Guacolda Unidad V	152	Aprobado 2010	Carbón
SIC	III	Castilla	2354	Aprobado 2011	Carbón
SIC	III	Maitencillo	67	Aprobado 2008	Petróleo Diesel
SIC	IV	Ampliación Olivos	19	Aprobado 2009	Petróleo Diesel
SIC	V	Laguna Verde (Ciclo Combinado)	394	Aprobado 2004	Gas Natural
SIC	V	Energía Minera	1050	Aprobado 2009	Carbón
SIC	V	Campiche	270	Aprobado (opera desde 2011)	Carbón
SIC	VII	Generación de Respaldo Peumo	100	Aprobado 2008	Petróleo Diesel
SIC	VII	San Ignacio	18	Aprobado 2004	Petróleo Diesel
SIC	VII	Los Robles	750	Aprobado 2007	Carbón
SIC	VIII	Los Guindos	132	Aprobado 2007	Petróleo Diesel
SIC	VIII	Santa María	350	Aprobado 2007	Carbón
SIC	VIII	Bocamina II	370	Aprobado 2006	Carbón
SIC	VIII	Campanario IV CC	60	Aprobado 2004	Petróleo Diesel

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SEIA.

Adicionalmente, la instalación del Terminal GNL en Mejillones, Región de Antofagasta, podría distribuir gas natural para abastecer una generación de 1.040 MW mediante centrales térmicas las cuales se conectarían eventualmente al SING. Como en la Región de Antofagasta existe un solo proyecto térmico en carpeta que utiliza gas natural como combustible (Central Salar de 60 MW de potencia), la matriz Preferentemente Térmica considera que para el año 2030, se instalarán nuevos proyectos termoeléctricos en la región capaces de aprovechar el gas provenientes del Terminal GNL de Mejillones y aportando 361 MW de potencia al SING¹⁷.

Luego, la alternativa Preferentemente Térmica considera –adicionalmente a los 9.405 MW aportados por los proyectos termoeléctricos aprobados- el aporte de 361 MW. Considerando la potencia actualmente instalada, esta alternativa incluye 19.451 MW de potencia únicamente mediante centrales termoeléctricas, logrando de este modo aportar el 67% de la potencia instalada al año 2030 con este tipo de tecnología.

Respecto a la potencia instalada por ERNC, la alternativa Preferentemente Térmica considera el cumplimiento del artículo 150 bis de la Ley N°20.257, el cual establece que cada empresa eléctrica – que tenga una capacidad instalada mayor a 200 MW- deberá acreditar que el 10% de sus retiros sean generados por medios renovables no convencionales. Considerando lo anterior, la potencia instalada mediante ERNC para la matriz Preferentemente Térmica es de 3.050 MW, de los cuales 2.306 MW corresponden a potencia adicional a la actualmente instalada.

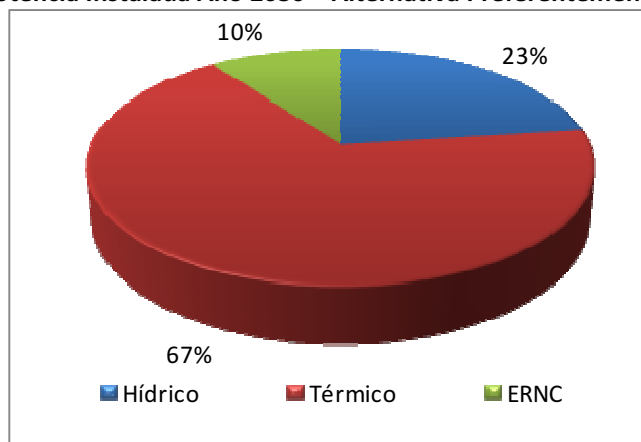
¹⁷ Actualmente existen proyectos termoeléctricos en calificación en el SEIA, que al ser aprobados y ejecutados, aprovecharían el gas natural proveniente del Terminal GNL Mejillones.

Los proyectos ERNC considerados en esta alternativa TERMICA corresponden principalmente a pequeñas centrales hídricas de pasada (36 MW), proyectos geotérmicos (700 MW), proyectos Eólicos (1.339 MW), solares (50 MW) y de generación mediante biomasa (181 MW).

Para la estimación de la potencia instalada mediante centrales hidroeléctricas, en esta alternativa se ha considerado que la totalidad de la potencia no cubierta mediante centrales termoeléctricas y proyectos ERNC será aportada mediante centrales hidroeléctricas. Lo anterior equivale a 1.716 MW los cuales serán aportados por proyectos hídricos aprobados en el SEIA. Cabe señalar que si bien esta alternativa no contempla la ejecución del proyecto hidroeléctrico Hydroaysén (2.750 MW), incluye la ejecución de todos los otros proyectos hidroeléctricos aprobados en el SEIA.

Finalmente, la Figura 4 presenta la potencia instalada de esta matriz alternativa desagregada por fuente.

Figura 4. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente TÉRMICA.



2.2.3 Matriz Preferentemente ERNC

La matriz eléctrica preferentemente ERNC para el año 2030 considera la implementación de políticas que favorezcan la generación eléctrica principalmente mediante proyectos eólicos, solares, geotérmicos, y de generación con biomasa. Para proyectar esta matriz al año 2030, se tomó en consideración que la potencia instalada actual (año 2010) debe crecer a 33.024 MW para entonces.

La potencia instalada actual en Chile (año 2010) es de 15.422 MW¹⁸, de los cuales un 4,8% (i.e., 744 MW) es aportado por ERNC.

La matriz eléctrica Preferentemente ERNC considera que al año 2030, se encuentren instalados la totalidad de proyectos ERNC en construcción y aquellos que aun no se encuentran en construcción, pero que cuentan con una resolución de calificación ambiental favorable. Estos proyectos se identifican en la Tabla 4.

¹⁸ Capacidad Instalada por Sistema Eléctrico Nacional, CNE, 2010.





	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 4. Proyectos ERNC en Carpeta.

Sistema	Región	Nombre	Potencia [MW]	Estado	Combustible Principal
SING	II	Calama	250	SEIA Aprobado	Eólica
SING	II	Gaby	40	SEIA Aprobado	Eólica
SING	II	Quillagua	100	En Construcción	Eólica
SING	II	Valle De Los Vientos	99	SEIA Aprobado	Eólica
SING	I	Pozo Almonte Solar 2	8	SEIA Aprobado	Solar
SING	II	Calama Solar 1	9	SEIA Aprobado	Solar
SING	II	Calama Solar 2	9	SEIA Aprobado	Solar
SING	I	Pozo Almonte Solar 1	9,3	SEIA Aprobado	Solar
SING	I	Pozo Almonte Solar 3	17	SEIA Aprobado	Solar
SING	I	Lagunas	30	SEIA Aprobado	Solar
SING	I	Atacama Solar	250	SEIA Aprobado	Solar
SIC	VIII	Altos De Hualpén	20	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	VIII	Ampliación Parque Eólico Lebu	2,46	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	VIII	Arauco	100	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	X	Chiloé	112	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	VIII	Chome	12	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IX	Collipulli	48	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	El Arrayán	101	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	El Pacífico	72	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	Hacienda Quijote	26	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	La Cachina	66	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	La Gorgonia	76	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	V	Laguna Verde	24	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	V	Las Dichas	16	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	VIII	Lebu Sur	108	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	X	Llanquihue	74	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	Punta Colorada	36	En Construcción	Eólica
SIC	IV	Punta Palmeras	104	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	VIII	San Pedro	36	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	III	Señora Rosario	84	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IV	Talinay	500	SEIA Aprobado	Eólica
SIC	IX	Allipén	3	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	El Callao	3	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	III	Río Huasco	4	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VII	Roblería	4	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	La Flor	5,4	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IX	Alto Cautín	6	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VIII	Cayucupil	6	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IX	El Canelo	6	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Río Blanco Rupanco	6	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IX	Tacura	6	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Sistema	Región	Nombre	Potencia [MW]	Estado	Combustible Principal
SIC	VIII	Canal BíoBío Sur	7	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Río Blanco Ensenada	7	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Piriquina	8	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Río Negro	8	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VI	Aumento De Potencia Central San Andrés	9	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	XIV	Florín	9	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Nalcas	9	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Pulelfu	9	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VI	Aumento De Potencia Central El Paso	10	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IV	Balalita	11	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VIII	Butamalal	11	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	XIV	Chilcoco	12	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Cc.Hh. De Pasada Palmar Correntoso	13	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VII	Providencia	13	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VI	Convento Viejo	14	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IX	Carilafquénmalalcahuello	18	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	IX	Río Picoiquen	19	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VII	Los Hierros	20	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	XIV	Casualidad	21 (*)	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	X	Río Blanco Hornopirén	26 (*)	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VII	El Castillo (Proyecto Achibueno)	30 (*)	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VI	El Paso	30 (*)	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VI	San Andrés	31 (*)	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VIII	Laja	34 (*)	En Construcción	Hidroeléctrica Pasada
SIC	VIII	Trupán	36 (*)	SEIA Aprobado	Hidroeléctrica Pasada

(*) Corresponde a la potencia máxima de la Central. Se ha considerado únicamente la fracción asimilable a ERNC.

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SEIA.

Los proyectos ERNC aprobados en el SEIA y que aún no se encuentran ejecutados totalizan 2.845 MW. Si bien es necesario que la configuración de una matriz preferentemente ERNC considere los proyectos en carpeta, estos no son suficientes para proveer la potencia ERNC instalada al año 2030. Luego, es necesario revisar el potencial técnicamente factible de generación ERNC en el país.

Tomando en cuenta las proyecciones de Energía Sustentable y Mainstream en la configuración de sus matrices energéticas para el estudio de Escenarios Energéticos¹⁹, en conjunto con diversos informes sobre el potencial solar y eólico²⁰, biogás²¹ y de las ERNC²² en general, se llegó a la conclusión que una incorporación importante de centrales eólicas es probablemente la alternativa más factible para el desarrollo de una matriz ERNC a 2030.

¹⁹ "Escenarios Energéticos Chile 2030: Construyendo escenarios y desafiando paradigmas". Escenarios Energéticos, 2011.

²⁰ "Potencial en Regiones Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta". CNE, 2009.

²¹ J.Bertrán y E. Morales. "Potencial de Biomasa Forestal". CNE/GTZ Proyecto ERNC en Chile, 2008.

²² "Aporte Potencial de Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica 2008-2025". Universidad de Chile y Universidad Técnica Federico Santa María, 2008.

De modo similar, el potencial de biomasa presenta una interesante alternativa dentro de algunas regiones principalmente madereras y agrícolas del país en las que existe la posibilidad de incorporar el tratamiento de residuos orgánicos a la diversidad de la inyección de energía a nivel nacional.

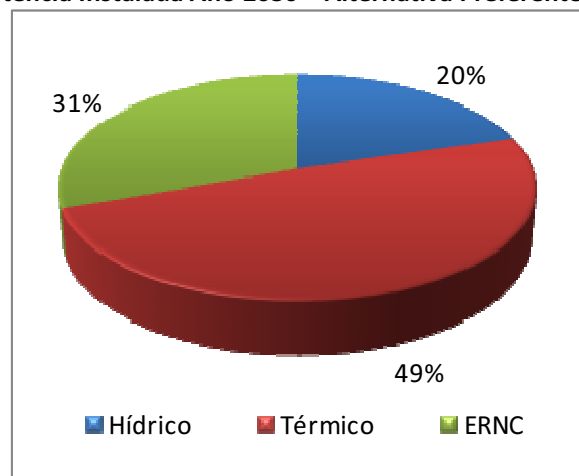
Luego, la alternativa preferentemente ERNC considera proyectos eólicos aportando 5.373 MW; proyectos de energía solar, 1.226 MW; proyectos que utilizan biomasa como combustible, 290 MW; proyectos geotérmicos, 700 MW y proyectos hidroeléctricos clasificados como ERNC, 1.759 MW. Considerando la potencia actualmente instalada, la alternativa Preferentemente ERNC incluye 10.092 MW de potencia únicamente mediante medios de generación renovables no convencionales, logrando de este modo aportar el 31% de la potencia instalada al año 2030.



Debido a la eventual inestabilidad de una matriz con un 31% de potencia instalada como ERNC, se ha considerado una mayor proporción de potencia instalada adicional mediante centrales termoeléctricas, respecto a la generación mediante centrales hidroeléctricas. Lo anterior debido al alto factor de planta que tienen las primeras respecto de las segundas. Luego, en esta matriz se han considerado 6.556 MW de potencia adicional a la existente (año 2010), la cual será aportada mediante proyectos de centrales termoeléctricas, ya aprobados ambientalmente en el SEIA.

Para la estimación de la potencia instalada mediante centrales hidroeléctricas, en la matriz Preferentemente ERNC se ha considerado que la totalidad de la potencia no cubierta mediante centrales termoeléctricas y proyectos ERNC, será aportada mediante centrales hidroeléctricas. Lo anterior equivale a 1.716 MW los cuales serán aportados por proyectos hídricos aprobados en el SEIA. Cabe señalar que si bien esta alternativa no contempla la ejecución del proyecto hidroeléctrico Hidroaysén (2.750 MW), incluye la ejecución de todos los otros proyectos hidroeléctricos aprobados en el SEIA.

Finalmente, la Figura 5 presenta la potencia instalada de la matriz Preferentemente ERNC desagregada por fuente.

Figura 5. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente ERNC.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

2.2.4 Matriz con Opción NUCLEAR

Esta matriz eléctrica considera la implementación de políticas que introduzcan la generación mediante centrales nucleares. La proyección de esta matriz al año 2030, se basó en las estimaciones del Ministerio de Energía contenidas en el documento “Núcleo-electricidad en Chile – Posibilidades, Brechas y Desafíos” (Ministerio de Energía, 2010).

Para esta matriz eléctrica con Opción Nuclear se estimó que la potencia instalada al año 2030 debe ser de 30.184 MW.

Actualmente no existe generación eléctrica mediante tecnología nuclear en Chile; no obstante, de implementarse una política al respecto, Chile podría contar con sus primeros módulos nucleares operando a partir del año 2024. En línea con las proyecciones efectuadas por el Ministerio de Energía, la presente matriz considera que para el año 2030 se encuentren instalados 4 módulos nucleares de 1.125 MW cada uno, aportando el 15% de la potencia instalada a ese año.

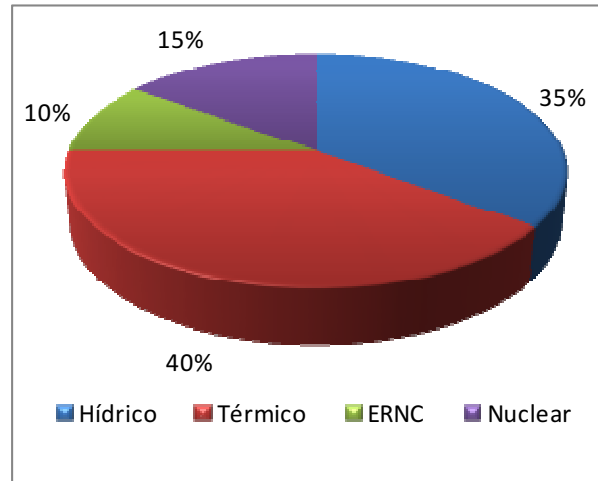
Lo anterior implica un estancamiento en la generación de proyectos térmicos que utilicen principalmente carbón como combustible. Por ello, la participación de las centrales térmicas en esta matriz se reduce al 40% (11.977 MW), requiriéndose la instalación adicional de 2.292 MW principalmente aportados por proyectos termoeléctricos que cuentan actualmente con una aprobación ambiental y que se ubican en las Regiones de Antofagasta y de Atacama.

Respecto a la potencia instalada mediante ERNC, la presente alternativa considera 3.050 MW aportados por medio de este tipo de generación, dando cumplimiento al artículo 150 bis de la Ley N°20.257. Lo anterior implica la instalación de 2.307 MW de potencia adicional que corresponden principalmente a pequeñas centrales hídricas de pasada (36 MW), proyectos geotérmicos (700 MW), proyectos eólicos (1.439 MW), solares (50 MW) y de generación mediante biomasa (81 MW).

Por su parte, en esta matriz con Opción Nuclear la generación mediante centrales hidroeléctricas considera una potencia instalada de 10.657 MW. Lo anterior implica la instalación de 5.664 MW de potencia adicional mediante centrales hidroeléctricas que cuentan actualmente con una aprobación ambiental (1.716 MW) y potenciales proyectos que utilicen derechos de agua otorgados por la DGA. Cabe señalar que esta matriz no considera la ejecución de los megaproyectos hidroeléctricos localizados en Aysén.

La siguiente Figura 6 presenta la potencia instalada de la matriz eléctrica para el 2030 con opción Nuclear por fuente de energía.

Figura 6. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa Preferentemente Nuclear.



2.2.5 Matriz BAU o Preferentemente No Innovar

Esta matriz eléctrica considera que el modelo actual de aprobación proyectos de generación eléctrica continúa sin cambios respecto de la situación actual, o sea “*business as usual*” o BAU, y no se implementan políticas que pudieran cambiar la tendencia actual de desarrollo del sector eléctrico. La proyección de esta matriz al año 2030, se basó en las estimaciones del Ministerio de Energía contenidas en el documento “*Núcleo-electricidad en Chile – Posibilidades, Brechas y Desafíos*” (Ministerio de Energía, 2010).

Para esta matriz se estimó que la potencia instalada actual debe crecer al año 2030 a 31.525 MW.

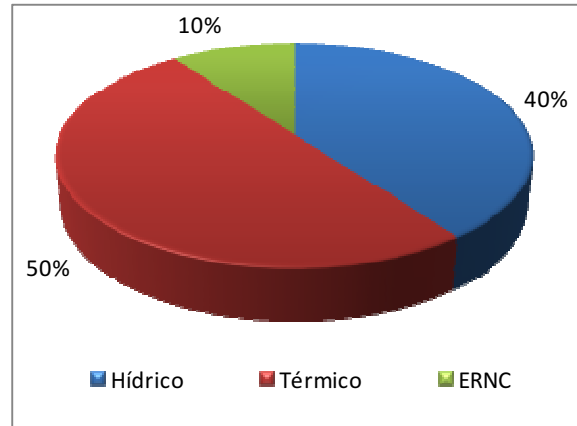
En línea con las proyecciones efectuadas por el Ministerio de Energía, la presente matriz considera un estancamiento en la generación de proyectos térmicos que utilicen principalmente carbón como combustible debido a un alza proyectada en los precios del carbón. Por ello, la participación de las centrales térmicas en esta matriz se reduciría al 50% (15.794 MW), requiriéndose la instalación de 6.108 MW principalmente aportados por proyectos termoeléctricos que cuentan actualmente con aprobación ambiental.

Respecto a la potencia instalada mediante ERNC, la presente alternativa considera el cumplimiento del artículo 150 bis de la Ley N°20.257. Considerando que la potencia instalada requerida al año 2030 sería de 31.525 MW, la potencia instalada mediante ERNC para la presente matriz es de 3.150 MW, de los cuales 2.407 MW corresponderían a potencia adicional a la actual. Los proyectos ERNC considerados en esta alternativa corresponden principalmente a pequeñas centrales hídricas de pasada (36 MW), proyectos geotérmicos (700 MW), proyectos eólicos (1.539 MW), solares (50 MW) y de generación mediante biomasa (81 MW).

Por su parte, en esta matriz BAU la generación mediante centrales hidroeléctricas considera una potencia instalada de 12.581 MW. Lo anterior implica la instalación de 7.588 MW de potencia adicional mediante centrales hidroeléctricas que cuentan actualmente con una aprobación ambiental (4.465,5 MW) y eventuales proyectos que utilicen derechos de agua otorgados por la DGA. Cabe señalar que esta matriz sí considera la ejecución de los megaproyectos hidroeléctricos emplazados en la Región de Aysén.

La Figura 7 presenta la potencia instalada de esta matriz BAU desagregada por fuente de energía.

Figura 7. Potencia Instalada Año 2030 – Alternativa BAU.



2.3 ETAPA C. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DE EXPERTOS

En la Etapa A de esta EAE se definió que la Matriz Eléctrica Óptima a 2030 se obtiene de aquella que cumple mejor con estos 3 objetivos del desarrollo sustentable:

- Minimizar los impactos ambientales negativos;
- Maximizar el beneficio económico; y
- Maximizar el bienestar social.

Cada una de estas funciones objetivo se descompuso en criterios de evaluación específicos, que son los estándares de los juicios o reglas contra las cuales se evalúan impactos potenciales y se prueba la conveniencia de las distintas alternativas²³.

Para la elaboración de los criterios de cada uno de los tres objetivos del desarrollo sustentable, se tomaron en consideración políticas energéticas internacionales, criterios elaborados por experiencias internacionales de Evaluación Ambiental Estratégica para el sector energético, y otros documentos relacionados con la evaluación de impacto de proyectos energéticos.

La lista definitiva de criterios fue establecida por consenso por el equipo de trabajo del CESSUC. Las Tablas 5, 6 y 7 presentan los criterios de la EAE para cada función objetivo.

²³ G. Malczewski. "GIS and Multicriteria Decision Analysis". John Wiley and Sons, Inc., New York and Toronto, 1999.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 5. Criterios Definidos para el Objetivo Ambiental de la EAE.

Función Objetivo	Criterio Ambiental			
"Minimizar impactos ambientales negativos"	los	C1	Emisiones Atmosféricas	Minimiza las emisiones de contaminantes atmosféricos de alcance local (MP10, MP2,5, SO ₂ , NO _x , CO).
		C2	Cambio Climático	Minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero que afectan el cambio climático.
		C3	Suelo	Minimiza el uso del suelo.
		C4	Paisaje	Minimiza la intervención del paisaje.
		C5	Residuos	Minimiza la generación de residuos peligrosos.
		C6	Patrimonio Cultural	Minimiza la alteración de sitios de valor patrimonial, cultural y/o arqueológico.
		C7	Medio Acuático	Minimiza las emisiones de efluentes a aguas marinas, superficiales y subterráneas.
		C8	Medio Biótico	Minimiza la destrucción de hábitat silvestre para la flora, la vegetación y la fauna.
		C9	Hidrología e Hidrogeología	Minimiza la intervención de cauces superficiales y la extracción de aguas subterráneas.

Tabla 6. Criterios Definidos para el Objetivo Económico de la EAE.

Función	Criterio Económico			
"Maximizar beneficio económico"	el	C10	Eficiencia Económica	Favorece la eficiencia económica (tiende a minimizar el costo de la energía al consumidor).
		C11	Competencia	Favorece la competencia (tiende a reducir la concentración en el mercado energético).
		C12	Competitividad	Favorece la competitividad del país en los mercados internacionales (costos, acceso, imagen, cumplimiento de estándares, etc.)
		C13	Eficiencia Dinámica	Favorece la eficiencia dinámica (innovación, emprendimiento, cambio tecnológico).
		C14	Inversión	Favorece la inversión.
		C15	Desarrollo Regional	Favorece el desarrollo regional.
		C16	Equidad	Favorece la equidad (acceso, costo, incorporación de nuevos usuarios, etc.).
		C17	Sustentabilidad	Favorece la sustentabilidad energética (tiende a maximizar la generación de energía minimizando la cantidad de recursos no renovables utilizados).
		C18	Seguridad, Calidad y Estabilidad del Suministro	Favorece la seguridad, la calidad y la estabilidad del suministro eléctrico.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 7. Criterios Definidos para el Objetivo Social de la EAE.

Función Objetivo	Criterio Social		
"Maximizar el bienestar social"	C19	Empleo	Maximiza el número de empleos
	C20	Seguridad	Minimiza el riesgo de accidentes al público
	C21	Salud	Minimiza los efectos negativos sobre la salud pública
	C22	Comunidades	Minimiza la alteración de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos
	C23	Equidad	Minimiza la desigualdad social
	C24	Acceso	Maximiza el acceso del medio rural a energía eléctrica de buena calidad de servicio
	C25	Aceptabilidad	Minimiza los conflictos sociales derivados de la implantación de la alternativa

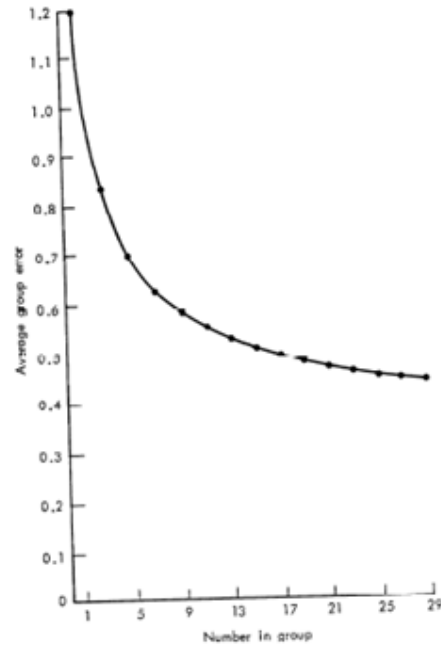
Los criterios definidos para cada uno de los tres objetivos del desarrollo sustentable, se emplearon en la evaluación de las 5 matrices eléctricas alternativas para el 2030 definidas en la Etapa B de esta EAE. La evaluación fue realizada por paneles de expertos los cuales -con independencia de la función que realizan o el nivel jerárquico en que se encuentran- fueron elegidos por sus conocimientos, experiencia y su capacidad de emitir juicios en una determinada área (Medio Ambiente, Economía, Social).

En particular, se invitó a 138 expertos provenientes de empresas de consultoría, académicos, organismos de gobierno, organismos no gubernamentales (ONG), la industria y empresas eléctricas. Lo anterior, con la finalidad de conformar un panel de expertos independiente para cada objetivo de la EAE (ambiental, económico, social).

Según la metodología Delphi, la cantidad de expertos que conforman un panel tiene directa relación con el error esperado en el promedio de sus respuestas. En particular, se estima que el número de expertos debe ser sustancial para minimizar el error de este promedio. Según Dalkey *et al*²⁴, la reducción del error en el promedio de las respuestas de un panel de expertos disminuye a partir de los 7 participantes. Lo anterior se ilustra en la siguiente figura.

²⁴ N. Dalkey, B. Brown and S. Cochran. "The Delphi Method, III: Use of Self Ratings to Improve Group Estimates". The Rand Corporation, USA, 1969.

Figura 8. Efecto del Tamaño del Panel en el Error de la Respuesta de un Panel de Expertos.



Fuente: Dalkey et al. (1969) Figure 2.

El tamaño de cada panel se definió de modo de minimizar el error de las respuestas hasta un nivel aceptable según los rangos sugeridos por Dalkey¹⁹ et al y Gordon²⁵. Según un estudio comparativo reciente²⁶, los paneles Delphi deben contener del orden de 5-20 expertos.

Para conformar los distintos paneles, se determinó primeramente un universo de expertos en cada área (ambiental, económica y social) sin imponer filtros de ninguna especie fuera de ser expertos con experiencia en su área. Enseguida se determinó que el número de expertos a incluir en cada uno de los 3 paneles sería de tres veces el número mínimo de 6 expertos necesarios para asegurar niveles generalmente aceptables de error en la metodología Delphi. De este modo, de la lista de 138 expertos, se eligió de manera aleatoria, mediante la función “Aleatorio” de Microsoft EXCEL, tres paneles de 20 expertos. Estos 60 expertos, 20 por cada panel, fueron contactados mediante e-mail invitándoles a participar de la presente EAE. En los casos en que el experto contestó positivamente a la invitación, estos fueron contactados telefónicamente para confirmar su participación y agendar una reunión de 1,5-2 h, en la cual se le aplicaría una encuesta (ver Etapa D de la EAE). Cuando un experto no respondió, o respondió negativamente, se incluyó de manera aleatoria un nuevo experto de las listas de expertos. A estos expertos se les entrevistó para levantar la encuesta en cada caso y se consideró como encuestas válidas para ser incluidas en la EAE, solamente aquellas que fueron respondidas completamente por los expertos encuestados.

Los paneles de expertos de la EAE se conformaron finalmente para esta primera ronda del Delphi por 59 expertos según se detalla en la siguiente tabla.

²⁵ T.J. Gordon. “The Delphi Method”. United Nations University, Washington, D.C., 1994. Parte de “Integration of forecasting methods and the frontiers of futures research”. United Nations University, Washington, D.C., 1994.

²⁶ K.C.Green, J.S. Armstrong, and A. Graefe. *Methods to Elicit Forecasts From Groups: Delphi and Prediction Markets Compared*. Foresight - The International Journal of Applied Forecasting, 2007 (Fall).



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 8. Expertos Invitados y Participantes en la EAE. Delphi-1.

Panel	Expertos Invitados	Expertos Participantes
Ambiental	44	21
Económico	52	18
Social	42	20

Cabe señalar que cada uno de los expertos fue consultado exclusivamente sobre aspectos relacionados con su área de conocimiento, a saber ambiental, económico o social.

2.4 ETAPA D. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS – DELPHI 1

La evaluación de las alternativas de matrices eléctricas se realizó mediante la metodología Delphi²⁷. Este método se define como una técnica de comunicación estructurada, que se desarrolla como un método predictivo, sistemático e interactivo, basado en un panel de expertos, que tiene como objetivo la construcción de un consenso mediante la aplicación de encuestas efectuadas de manera iterativa. El método Delphi fue desarrollado por la *Rand Corporation* a principios de 1960 con el objetivo de realizar predicciones tecnológicas en el ámbito militar y posteriormente se extendió como una herramienta de predicción a una amplia variedad de campos. Una revisión de sus múltiples aplicaciones es la de Linstone & Turoff²⁸.

Una vez confirmada la participación de un experto en el panel respectivo, se realizó una encuesta correspondiente a la primera iteración Delphi (Delphi 1). La encuesta se realizó individualmente con cada uno de los 59 expertos y tuvo el carácter confidencial pero no anónimo, es decir que su participación en el estudio es de conocimiento público, no así las respuestas que haya dado en la encuesta. Para responder la encuesta y en el momento de la reunión, a cada experto participante se le proporcionó una descripción general de las matrices eléctricas alternativas, y se le solicitó que priorizara los impactos de cada matriz en relación a las otras, para cada uno de los criterios que se indican en las Tablas 5, 6 o 7 de este Informe, según el panel en que participaba el experto (ambiental, económico o social). Para el análisis de las alternativas, se utilizó la metodología AHP (Analytical Hierarchy Process) elaborada por Saaty²⁹, y que se aplicó utilizando el paquete computacional ‘*Expert Choice*’.

La metodología AHP se fundamenta en sucesivos análisis comparativos de pares de alternativas. De esta forma, se les solicitó al panel de expertos de cada una de las áreas de la EAE que realizaran la comparación (juicios) entre una matriz “i” y una matriz “j”, respecto a un criterio “k”, preguntándose –para cada una de las combinaciones de alternativas “ij”- cuál es la alternativa preferida para cumplir el criterio “k” y qué tan preferida es, asignándole un valor o juicio de comparación V_{ij} .

El valor de preferencia (grado de preferencia) de una alternativa sobre otra, respecto a un criterio dado (V_{ij}), lo asignó el experto encuestado empleando una escala entre 1 y 9, según lo propuesto por Saaty²⁷ (ver

²⁷ J. Landeta. “El método Delphi. Una Técnica de previsión para la incertidumbre”. Ariel. Barcelona, 1999.

²⁸ H. A. Linstone and M.Turoff. (Editors) “The Delphi Method: Techniques and Applications”, 2002

²⁹ T.L. Saaty. 1977. *Op cit*.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 9



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Tabla 9. Escala de Valoración de Preferencias

Valoración Numérica (*)	Evaluación Cualitativa
1	Igual Preferencia
3	Preferencia Moderada
5	Preferencia Alta
7	Preferencia Muy Alta
9	Extremadamente Preferido

(*) 2,4,6,8 pueden ser utilizados para expresar valores intermedios.

Por ejemplo, si un determinado experto, comparando las matrices HIDRICA y TÉRMICA respecto al criterio C3: “minimizar el uso del suelo”, consideraba que no había diferencia entre ambas matrices, debía asignar un valor (V_{HT}) = 1. Si, por el contrario, opinaba que la matriz TÉRMICA minimizaba muchísimo más el uso de suelo, podría asignar un valor entre 5 y 9.

Adicionalmente, a cada experto se le solicitó asignar el peso relativo o “importancia” relativa de los distintos criterios usados en su panel, y también se les solicitó asignar el peso relativo o importancia relativa para cada uno de los tres objetivos de desarrollo sustentable considerados en la EAE (ambiental, económico y social). El peso relativo es un juicio de valor acerca de la importancia de los efectos³⁰. Evaluar el nivel de importancia (o significancia) de los efectos, ya sea ambientales, económicos o sociales predichos, es una de las tareas más importantes en cualquier evaluación ambiental estratégica³¹. En efecto, una matriz de evaluación de efectos no puede ser evaluada únicamente sobre la base de criterios estandarizados de igual peso³², pues algunos criterios pueden ser más importantes o relevantes que otros.

Existen diversas formas de evaluar la significancia de un criterio. Para este caso en particular -al igual que para el caso de la evaluación de preferencias entre matrices- la evaluación de significancia de los criterios utilizó la metodología AHP. Para esto, se preguntó al experto sobre la preferencia entre la importancia entre un criterio “p” y un criterio “q”, respecto a cada objetivo específico (ambiental, económico o social). Por ejemplo, a un experto del panel social se le preguntó qué criterio era más importante para el Objetivo “Maximizar el Bienestar Social”, el C19: “maximizar el número de empleos” o bien el C21 “*minimizar los efectos negativos sobre la salud pública*”. El experto entregó un valor entre 1 y 9, según la escala indicada en la Tabla 9, y así sucesivamente hasta completar la comparación por pares entre todos los criterios del objetivo social.



Finalmente, para obtener la significancia de los distintos objetivos de la EAE, se le preguntó – utilizando AHP- a cada uno de los 59 expertos participantes de la EAE sobre cómo ponderaba cada uno de los tres objetivos de desarrollo sustentable (ambiental, económico o social) en la Matriz Eléctrica de Chile al año 2030.

Una ventaja importante de utilizar el método AHP en la evaluación de alternativas, es que esta metodología incluye un test para medir la consistencia de los valores asignados por los expertos. En particular, el método considera un “Indicador de Inconsistencia” (I.I.) que corresponde a una medida de cómo cada matriz de evaluación se compara con una matriz realizada únicamente por variables

³⁰ P.N. Duinker and G.E.Beanlands. *The significance of environmental impacts: An exploration of the concept*. Environmental Management, 1986, 10(1),1-10.

³¹ B. F. Noble and K. Storey. “*Towards a structured approach to strategic environmental assessment*”, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 2001, 3(4), 483–508.

³² S.J. Carver. *Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems*. International Journal of Geographical Information Systems. 1991, 5:3, 321-339.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

aleatorias, diseñado de modo que si el I.I. es mayor que 0,1 (10%), la matriz de evaluación se clasifica como inconsistente. Saaty demuestra matemáticamente que la mejor asignación de pesos entre un par de alternativas (i.e. la que minimiza la inconsistencia) corresponde al vector propio (eigenvector) dominante de la matriz de comparaciones binarias. Luego, la inconsistencia se minimiza cuando el mayor valor propio (λ_{max}) de la matriz de evaluación se acerca a la dimensión de la misma (n).

En particular, el índice de inconsistencia se define por Saaty según la siguiente fórmula:

$$I. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

El I.I. fue calculado para cada una de las matrices de evaluación. A cada experto se le solicitó que sus respuestas generaran una matriz clasificada como consistente (i.e. con un I.I.<0,1). Para lograr lo anterior – y en los casos en que alguna de las matrices de evaluación hayan arrojado un I.I.> 0,1, se le solicitó al experto que reevaluara aquella comparación que generó la mayor inconsistencia.

En caso de que el experto estimara que la comparación no debía ser alterada, o que la reevaluación no fuera suficiente para reducir el I.I. a un valor inferior a 0,1, se le solicitó al experto reevaluar la segunda comparación que generaba mayor inconsistencia. Así sucesivamente hasta lograr o bien que el I.I. sea menor a 0,1 o que el experto –habiendo reevaluado todas las comparaciones- no haya reducido el I.I. hasta un valor inferior a 0,1. En estos casos, las matrices de evaluación no fueron consideradas para la evaluación de las matrices eléctricas alternativas. La siguiente tabla presenta la cantidad de matrices de evaluación consistentes obtenidas de la aplicación de las encuestas en cada área.



Tabla 10. Porcentaje de Respuestas Consistentes por Área.

Área	Participantes	Porcentaje de matrices de evaluación consistentes
Medio Ambiente	21	93%
Social	20	100%
Económico	18	98%

Una vez realizadas todas las encuestas, se procedió a la consolidación de resultados por panel combinando las valoraciones emitidas por los expertos de cada panel. Lo anterior se realizó calculando los promedios geométricos de las valoraciones. De esta manera, se obtuvo una matriz de evaluación promedio para cada criterio de la EAE y para la significancia de los mismos criterios.

Posteriormente, mediante la utilización del software *Expert Choice* se obtuvieron los resultados por panel. Según lo indica la metodología AHP, para cada criterio “k”, la puntuación de la alternativa “i”, corresponde a su vector propio el cual se obtiene como la suma de los juicios (V_{ij}) normalizados, y posteriormente divididos por la dimensión de la matriz (n), de modo que la suma de los puntajes de todas las alternativas completen 100%.

Luego, las puntuaciones establecen -para cada uno de los objetivos de la EAE- un orden jerárquico entre las cinco matrices eléctricas alternativas, en el cual se ordenan de mayor a menor las alternativas que mejor cumplen con los objetivos de minimizar los impactos ambientales, maximizar el beneficio económico y maximizar el bienestar social, respectivamente.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

El peso relativo o significancia de cada objetivo de la EAE se obtuvo como la media geométrica de las valoraciones emitidas por los 59 expertos participantes de la EAE. Finalmente, el resultado consolidado de los tres paneles (ambiental, económico y social) entregó la Matriz Eléctrica Óptima, o sea, la que cumple mejor con los objetivos del desarrollo sustentable para Chile al año 2030.

2.5 ETAPAS E Y F. PRÓXIMOS PASOS.

Posterior a la entrega de este informe, se proyecta cumplir con las 2 etapas faltantes de esta EAE, que son:

- Realizar un proceso de participación ciudadana en la web, que incluya comentarios al Informe, y posiblemente, la realización de una encuesta reducida en la cual pueda participar el público.
- Realizar la ronda Delphi- 2 de la EAE, en la cual se revisarán las respuestas de los expertos por Panel. En particular se solicitará a aquellas personas cuyas respuestas presenten mayor dispersión respecto de la media geométrica, para una determinada valoración, reconsiderar o confirmar su valoración, de modo de obtener mayores niveles de consenso.

3 RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos por los distintos paneles de expertos en relación a:

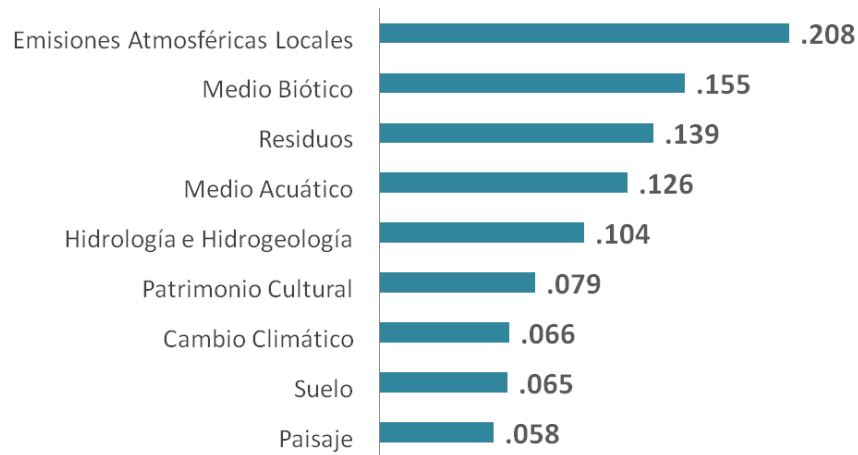
- El peso relativo de los criterios en cada función objetivo de la EAE;
- La Matriz Óptima determinada por cada panel específico;
- El peso relativo de las funciones objetivos en la configuración de la Matriz Óptima; y
- La Matriz Óptima que resulta del uso de los resultados de los 3 paneles en forma ponderada.

Todos estos resultados fueron obtenidos de la primera ronda de encuestas (Delphi 1) de la EAE.

3.1 RESULTADOS DEL PANEL AMBIENTAL

Los criterios más importantes –en términos relativos– para lograr la función objetivo “*Minimizar los Impactos Ambientales*”, según el panel de expertos ambientales, se presentan en la Figura 9. Ellos fueron “minimizar las emisiones atmosféricas de alcance local” (20,8%), seguido por “minimizar la destrucción de hábitat” (15,5%) y “minimizar la generación de residuos peligrosos” (13,9%). Por su parte, los criterios considerados de menor importancia (i.e. con menor peso relativo) fueron minimizar la intervención del paisaje, minimizar el uso de suelo y minimizar las emisiones de gases que afectan el cambio climático.

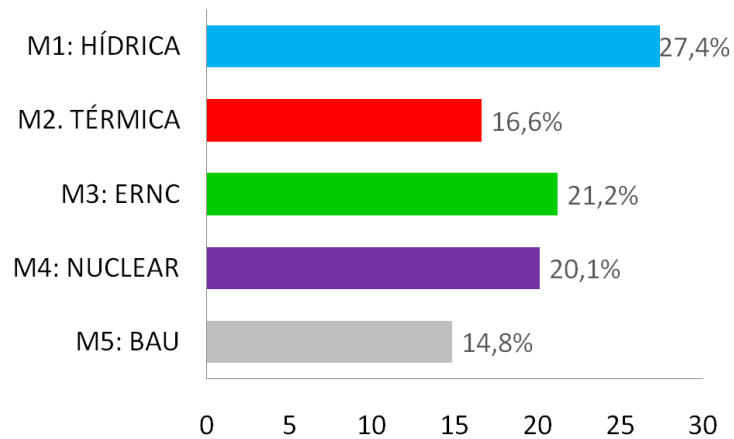
Figura 9. Peso Relativo de los Criterios Ambientales en el Objetivo “*Minimizar los Impactos Ambientales Negativos*”.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

La Figura 10 presenta el resultado del panel de expertos ambientales, el cual se obtuvo considerando únicamente los criterios ambientales y sus pesos relativos (ver Figura 9).

Figura 10. Matriz que Minimiza los Impactos Ambientales Negativos Según el Panel Ambiental.



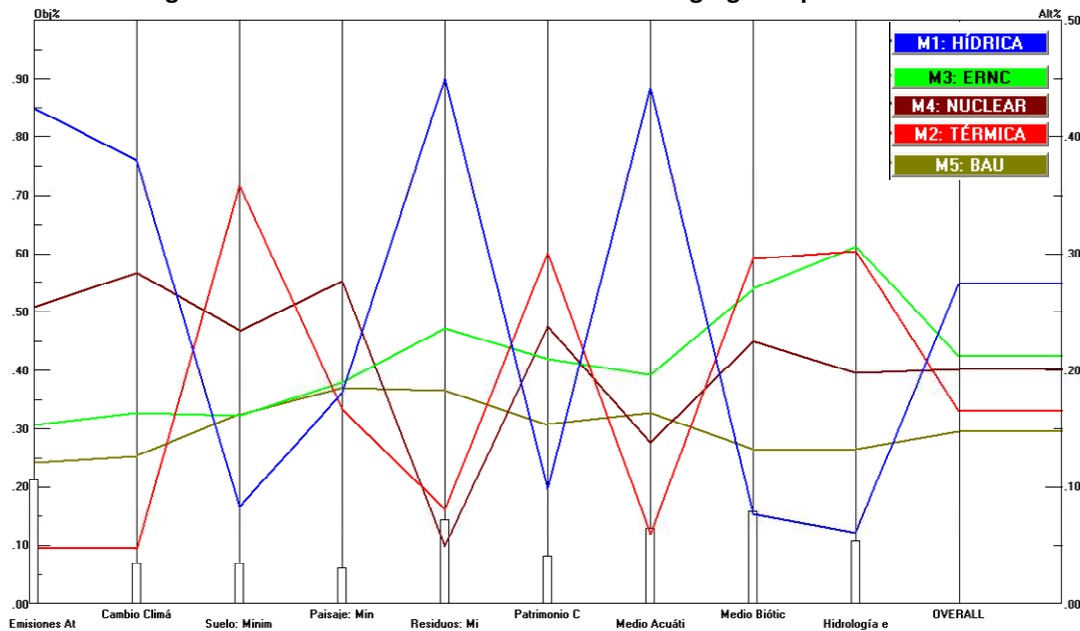
Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

Como muestra la Figura 10, desde el punto de vista de los expertos ambientales, la Matriz Eléctrica que minimiza los impactos ambientales es la matriz preferentemente HÍDRICA con 27,4%, seguida por la matriz preferentemente ERNC con 21,1%. Por su parte, el último lugar en las preferencias lo obtiene la matriz BAU o la que resulta de No Innovar en las actuales políticas de configuración del parque generador eléctrico de Chile.

El análisis de las respuestas del panel ambiental desagregado por criterio que se presenta en la Figura 11, muestra que la matriz preferentemente HÍDRICA es preferida en términos de minimizar las emisiones de contaminantes locales, la generación de residuos peligrosos y la descarga de efluentes a cauces superficiales y subterráneos. Significativamente, estos tres criterios se encuentran entre los cuatro más importantes de la función objetivo ambiental.

Por su parte, la matriz preferentemente ERNC que, según los expertos ambientales, corresponde a la segunda matriz que minimiza más los impactos ambientales, sólo fue la preferida en el criterio “minimizar la intervención de cauces superficiales y la extracción de aguas subterráneas”. No obstante, esta fue la única matriz que para todos los criterios ambientales, fue jerarquizada entre los tres primeros lugares.

Figura 11. Resultados del Panel Ambiental Desagregados por Criterio.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

3.2 RESULTADOS DEL PANEL ECONÓMICO

Según el panel de expertos económicos, los criterios más importantes –en términos relativos– para lograr la función objetivo “Maximizar el Beneficio Económico” son la eficiencia económica (17,0%), seguido por favorecer la competencia y la seguridad y calidad del suministro eléctrico (ambos con 15,1%). Por su parte, los criterios considerados de menor importancia (i.e. con menor peso relativo) fueron favorecer la inversión, la equidad –en términos de acceso, costo e incorporación de nuevos usuarios – y favorecer el desarrollo regional. Los pesos relativos asignados por el panel de expertos a los criterios del objetivo económico se presentan en la Figura 12.

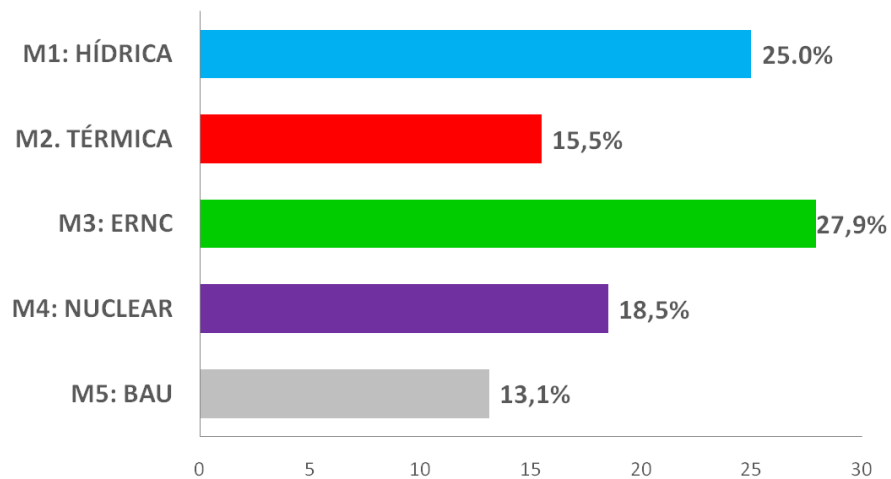
Figura 12. Peso Relativo de los Criterios Económicos en el Objetivo “Maximizar el Beneficio Económico”.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

Considerando los pesos relativos de la Figura 12, el panel de expertos económicos estimó que la matriz que maximiza el beneficio económico es la matriz preferentemente ERNC con 27,9%, seguida por la matriz preferentemente HÍDRICA con 25,0%. Por su parte, el último lugar en las preferencias lo obtiene la matriz BAU o la que resulta de No Innovar en las actuales políticas que rigen la forma actual de crecimiento del sector eléctrico en Chile. Estos resultados se presentan en la Figura 13.

Figura 13. Matriz que Maximiza el Beneficio Económico Según el Panel Económico.

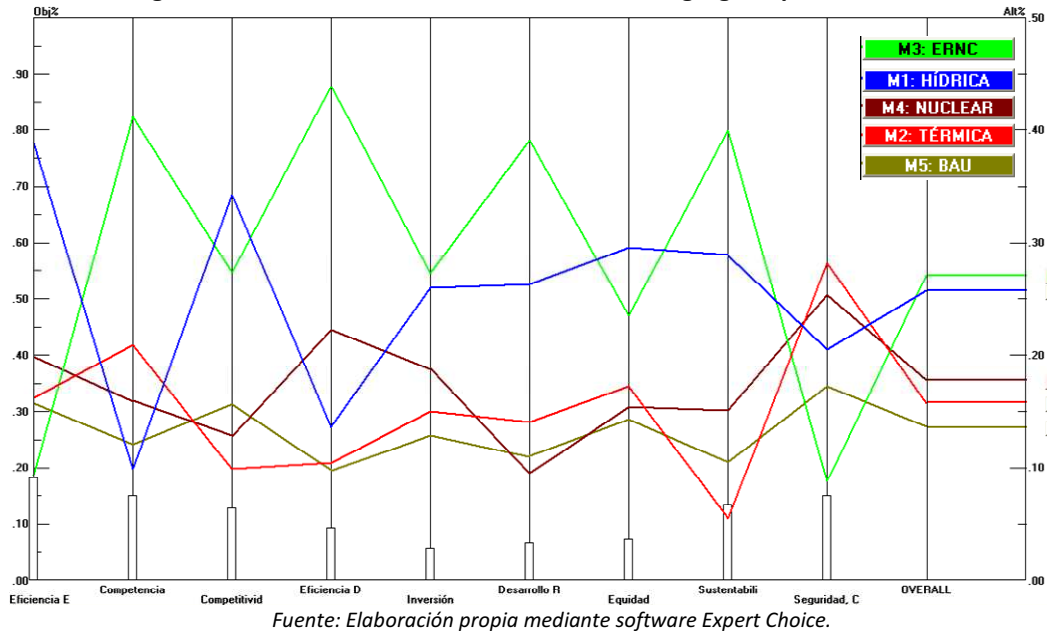


Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

El análisis de las respuestas del panel económico desagregadas por criterio (Figura 14) muestra que la matriz preferentemente ERNC –escogida como la que maximiza el beneficio económico– es la preferida en términos de competencia, eficiencia dinámica, desarrollo regional y sustentabilidad. No obstante, esta matriz es la peor calificada en términos de seguridad y calidad del suministro, criterio que, junto al de eficiencia económica es catalogado entre los tres de mayor peso relativo según el mismo panel de expertos.

Por su parte, la matriz preferentemente HÍDRICA, fue la preferida por los expertos del panel económico solamente en términos de los criterios “eficiencia económica” y “competitividad”.

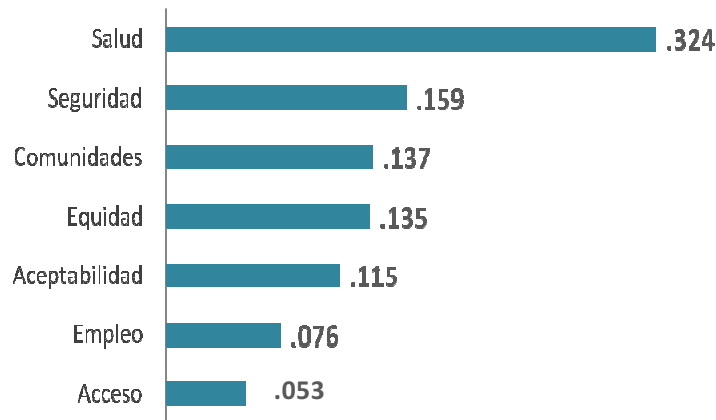
Figura 14. Resultados del Panel Económico Desagregado por Criterio.



3.3 RESULTADOS DEL PANEL SOCIAL

Según el panel de expertos sociales, los criterios más importantes –en términos relativos– para lograr la función objetivo “Maximizar el Bienestar Social” son minimizar los efectos negativos sobre la salud pública (32,4%), seguido por minimizar el riesgo de accidentes al público (15,9%) y minimizar la alteración de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos (13,7%). Por su parte, los criterios considerados de menor importancia (i.e. con menor peso relativo) son maximizar el acceso del medio rural a energía eléctrica y maximizar la generación de nuevos empleos. Los criterios del área social, junto a sus pesos relativos se presentan en la siguiente figura.

Figura 15. Peso Relativo de los Criterios Sociales en el Objetivo “Maximizar el Bienestar Social”.

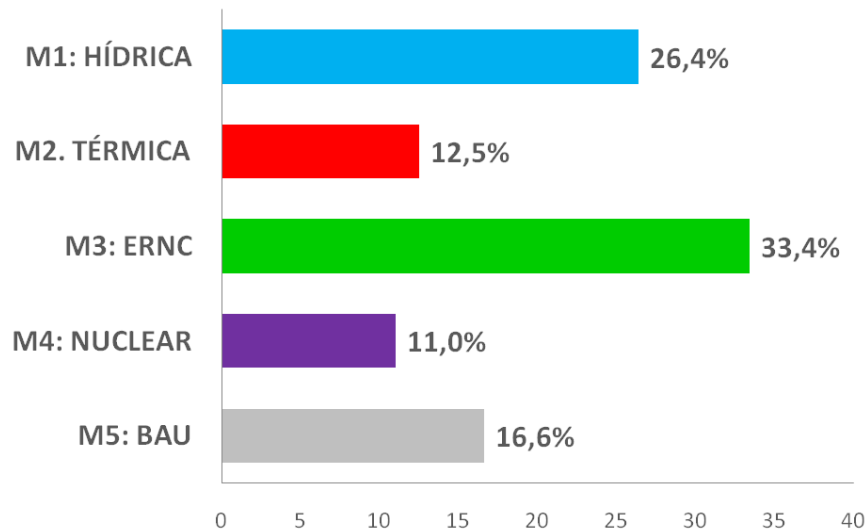


Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

Considerando los pesos relativos de la Figura 15, el panel de expertos sociales estimó que la matriz que maximiza el bienestar social es la matriz preferentemente ERNC con 33,4%, seguida por la matriz

preferentemente HÍDRICA con 26,4%. Por su parte, en último lugar, resultó la matriz que contempla la incorporación de la generación eléctrica basada en reactores nucleares. El resultado del panel social se presenta en la Figura 16.

Figura 16. Matriz que Maximiza el Bienestar Social Según el Panel Social.

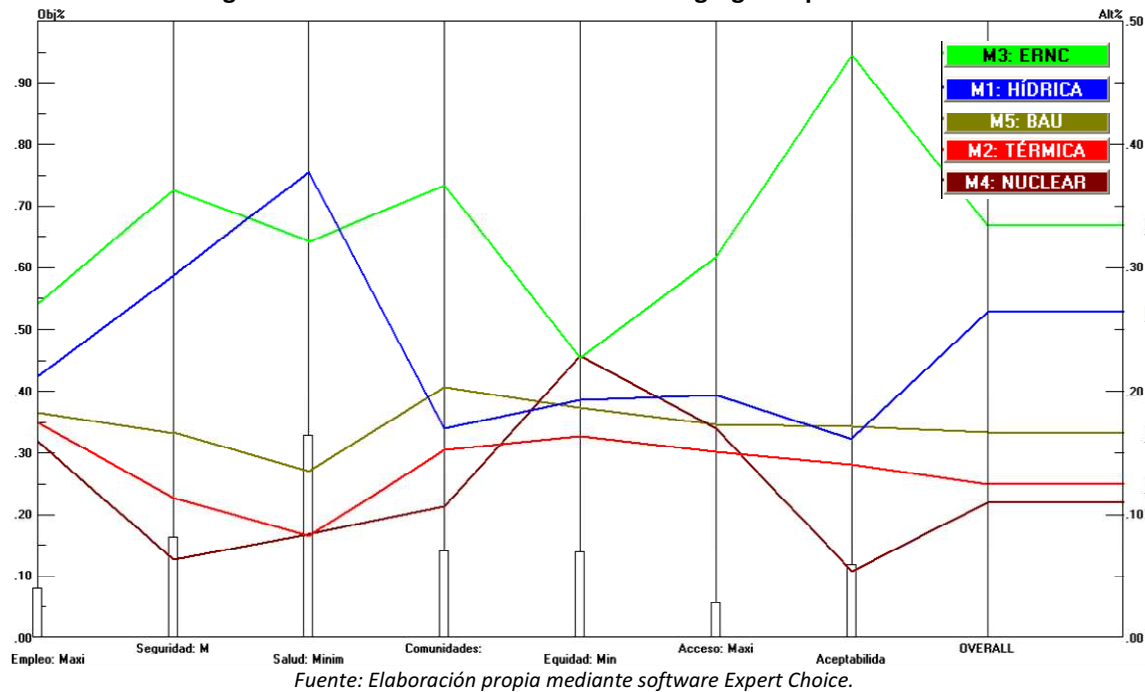


Fuente: Elaboración propia mediante software Expert Choice.

El análisis de las respuestas del panel social desagregado por criterio (Figura 17), muestra que la matriz preferentemente ERNC –escogida como la que maximiza el bienestar social– es la preferida en términos de todos los criterios de la función social excepto la salud pública, donde es segunda después de la matriz HÍDRICA.

Como dato interesante se puede hacer notar que, en términos del criterio “minimiza la desigualdad social”, la matriz con opción NUCLEAR superó por un pequeño porcentaje a la matriz preferentemente ERNC.

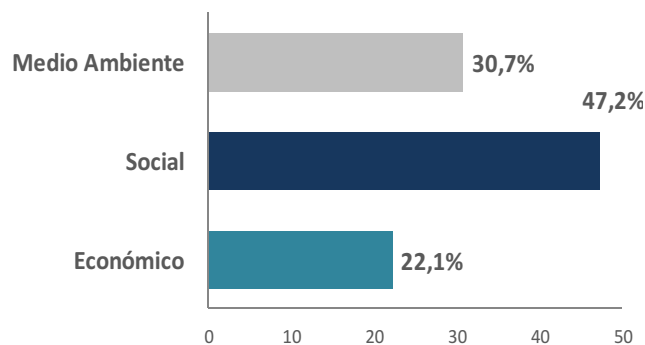
Figura 17. Resultados del Panel Social Desagregados por Criterio.



3.4 MATRIZ ELÉCTRICA CHILENA ÓPTIMA AL 2030

Para obtener la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030, primero se debe conocer el peso relativo que le otorgan los expertos a los objetivos ambiental, económico y social en la esta matriz. Este resultado se presenta en la Figura 18.

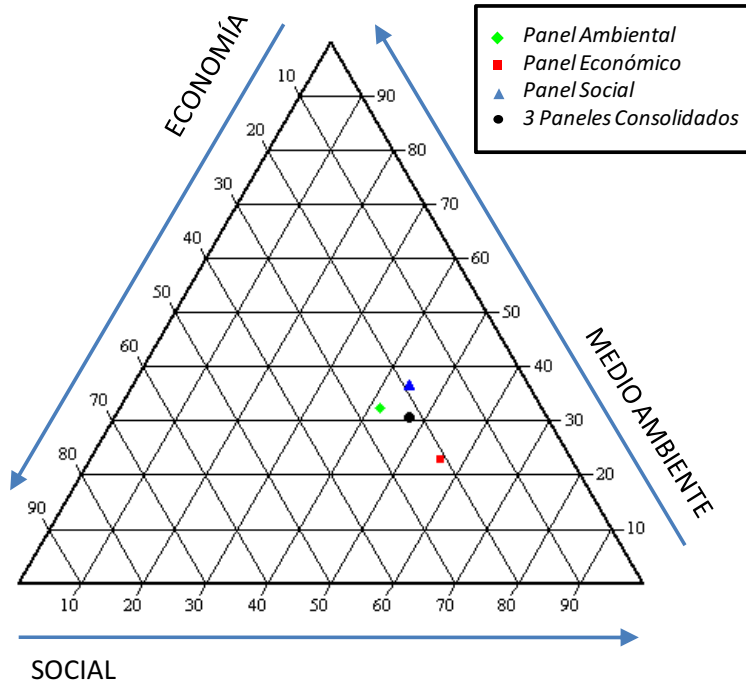
Figura 18. Peso Relativo de los Objetivos Ambiental, Económico y Social en la Configuración de la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030.



La Figura 18 muestra que los expertos sociales le asignan la mayor importancia relativa a maximizar el bienestar social en la definición de la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030 con (47,2%), mientras que los criterios de carácter económico tienen la menor importancia (22,1%), y los ambientales obteniendo una importancia intermedia, con 30,7%.

Más aún, como lo ilustra el triángulo de Nijkamp en la Figura 19, los tres paneles de expertos le otorgaron la mayor relevancia a los factores de carácter social, siendo el panel de expertos económicos el que les otorgó la mayor priorización (56,1%).

Figura 19. Triángulo de Nijkamp³³.



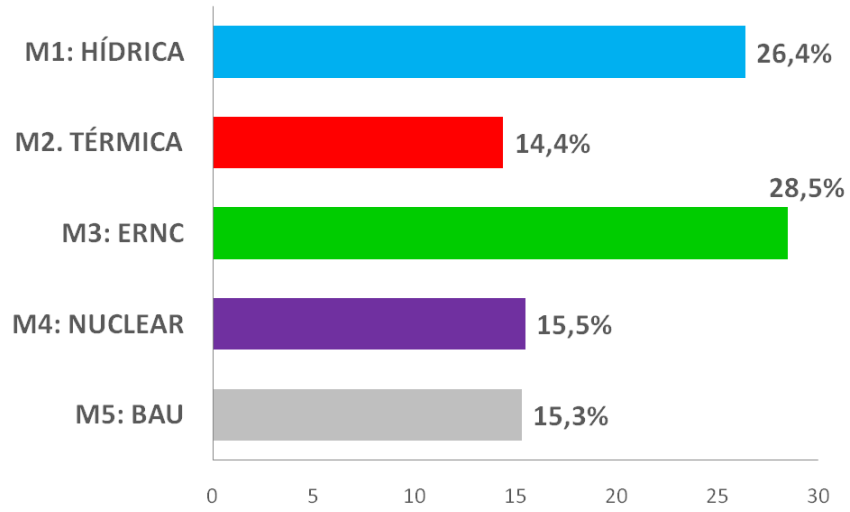
Fuente: Elaboración propia.

La Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030 se obtuvo a partir de la ponderación de los objetivos ambientales, económicos y sociales, y los resultados se presentan en la Figura 20. Se observa que la matriz que obtiene el mejor resultado consolidado es la preferentemente ERNC, con 28,5%, seguido de la matriz preferentemente HÍDRICA con 26,4%. Las otras tres matrices alternativas obtienen un resultado de alrededor del 15%.



Según la metodología AHP, estos resultados indican que la matriz preferentemente ERNC es priorizada en aproximadamente 83,9%, 86,3% y 97,9%, sobre las matrices NUCLEAR, BAU, y TÉRMICA, respectivamente. En relación a la matriz HÍDRICA, la matriz ERNC la supera en 8,0%.

³³ P. Nijkamp, *Regional Sustainable Development and Natural Resource Use*. World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington D.C. 26-27 April 1990. Referido en: A. Dourojeanni. *Procedimientos de Gestión para el Desarrollo Sustentable*. CEPAL. 1997.

Figura 20. Matriz Eléctrica Óptima de Chile al 2030.





Fuente: Elaboración propia utilizando el software Expert Choice.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

4 CONCLUSIONES

Los resultados que se presentan en la sección precedente permiten entregar las siguientes conclusiones principales respecto de esta Evaluación Ambiental Estratégica de la Matriz Eléctrica Chilena óptima al 2030:

1. Por definición de esta EAE, la Matriz Eléctrica Óptima de Chile al 2030 es aquella que minimiza los impactos ambientales negativos, maximiza el beneficio económico y maximiza el bienestar social.
2. Utilizando la metodología aplicada (Delphi-Análisis Experto Jerárquico Multi-Criterio mediante Panel de Expertos), 59 expertos fueron encuestados para pronunciarse en forma comparativa sobre 5 alternativas matrices eléctricas alternativas para el año 2030.
3. La Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030 está conformada en 31% de ERNC (Energías Renovables No Convencionales), 49% TÉRMICA y 20% HÍDRICA. Esta matriz no requiere el desarrollo de los megaproyectos localizados en Aysén.
4. En segundo lugar, le sigue muy próxima, una matriz eléctrica preferentemente HÍDRICA (51%), con 39% TÉRMICA y 10% ERNC. Esta matriz sí requiere el desarrollo de los megaproyectos localizados en Aysén.
5. Las opciones de Matriz Eléctrica con alto porcentaje TÉRMICO, o bien que incluya una opción NUCLEAR, son mucho menos favorecidas por los expertos, así como lo es No Innovar (*Business as Usual* o BAU) respecto del modelo actual de crecimiento del sector eléctrico.
6. Los resultados obtenidos indican que, según la opinión experta, no tiene sentido como país continuar invirtiendo en el desarrollo de centrales térmicas adicionales a las aprobadas. Tampoco tiene sentido invertir en desarrollo nuclear.
7. El peso que los expertos le asignan al objetivo social sobre los objetivos ambiental y económico, pone de manifiesto la necesidad de encauzar el desarrollo del sector eléctrico con especial atención a los criterios de tipo social. El mensaje es que el modelo de desarrollo eléctrico ya no puede basarse solamente en los costos de generación de la energía y un concepto restringido de eficiencia económica.



	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

8. Este resultado difiere del planteamiento sobre el desarrollo de la matriz eléctrica futura del país que hace la Comisión Asesora de Desarrollo Eléctrico (CADE) en su Informe de noviembre 2011, que se centra fundamentalmente en los costos de la energía y percibe a la ciudadanía como una mera receptora de la política energética³⁴.

Contrariamente, el resultado de esta EAE está más en línea con el discurso del Ministro Presidente de la Comisión Nacional de Energía en 2009: *“No basta con políticas que se enfoquen sólo en los costos, sino que es necesario conciliar tanto las exigencias económica y técnica con las de seguridad, equidad y sustentabilidad para la sociedad”*.

9. La salud pública resulta ser el criterio que tiene más peso relativo en la Matriz Eléctrica Chilena Óptima al 2030 entre todos los criterios evaluados en la EAE, seguido por el efecto de las emisiones atmosféricas de alcance local, la eficiencia económica, la seguridad de la población, la destrucción de hábitat, la competencia, la seguridad y calidad del suministro, la generación de residuos peligrosos y los efectos sobre las comunidades.
10. Además, los resultados ponen de relevancia las necesidades de proceder con la interconexión SIC-SING, y de dar los pasos para aumentar en forma importante la participación de las ERNC en la matriz eléctrica nacional.
11. Es necesario además que se institucionalice la práctica de evaluar periódicamente mediante el instrumento de EAE, la sustentabilidad del desarrollo eléctrico. El informe de la CADE es particularmente vago sobre la aplicación de las evaluaciones ambientales estratégicas en el sector eléctrico, pues *“propone impulsar el desarrollo de metodologías y su aplicación a partir de una fecha futura a fijar”*.

³⁴ Resumen Ejecutivo del informe CADE, p. 2: *“El desarrollo de una matriz adecuadamente diversificada para manejar la incertidumbre en los costos futuros de la energía, asegurar la sustentabilidad ambiental y mantener los costos a niveles que no afecten adversamente el desarrollo económico y el bienestar de la población, es una tarea que exigirá instituciones fuertes y políticas cuidadosamente diseñadas para equilibrar los múltiples objetivos sectoriales. El delicado equilibrio que debe lograrse debe ser comprendido y compartido por la ciudadanía”*.

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

5 EQUIPO DE TRABAJO DEL ESTUDIO

Eugenio Figueroa B.

Director General del Estudio.

Ph.D. (University of Maryland); M.A. (University of Toronto).

Profesor del Departamento de Economía y Director del CESUCC.

Universidad de Chile.

Jaime Solari S.

Co-director del Estudio.

Ph.D. (University of London); Ingeniero Civil de Minas (Universidad de Chile).

Gerente General SGA.

Felipe Dintrans T.

Coordinador General del Estudio/ Coordinador Área Ambiental.

Ingeniero Civil de Industrias (Pontificia Universidad Católica de Chile).

Investigador Asociado del CESUCC.

Universidad de Chile.

Dieter Linneberg A.

Coordinador Área Económica.

Ph.D. (c) y M.A. (Universidad Católica de Lovaina); Ingeniero Comercial (Universidad de Chile).

Director Ejecutivo CLG-Chile.

Investigador Asociado del CESUCC.

Universidad de Chile.

Juan Meriches R.

Coordinador Área Social.

Periodista (Pontificia Universidad Católica de Chile).

Profesor Escuela de Periodismo, Universidad del Pacífico.

Director de Proyectos, Feedback.

Investigadores Participantes:

Marisol Alé; Feedback.

Simón Bugeño; Feedback.

Priscilla Olavarría; SGA.

Paulina Reyes V.; Investigadora Asociada del CESSUC, Universidad de Chile.

Viviana Rosales; Investigadora Asociada del CESSUC, Universidad de Chile.

Eloísa Sánchez; Feedback.



Jorge Sepúlveda; Investigador Asociado del CESSUC, Universidad de Chile.

6 LISTA DE EXPERTOS INVITADOS A PARTICIPAR EN LA EAE

Lista Expertos Ambientales	
N	Nombre
1	Hernán Sandoval
2	Marcela Angulo
3	Alvaro Sapag
4	Jorge Lagos
5	Alejandro Donoso
6	Juan Pablo Orrego
7	Ricardo Katz
8	Hernán Durán
9	Flavia Liberona
10	Pedro Sanhueza
11	Patricio Rodrigo
12	Wilfredo Jara
13	Italo Serey
14	Verónica Fernández
15	Juan Carlos Urquidi
16	Eduardo Astorga
17	Carlos Prado
18	Juan Escudero
19	Javier Hurtado
20	Luis Cifuentes
21	Alejandro Cofré
22	Fabián Jaksic
23	Patricia Matus
24	Mario Urra
25	Javier Vergara
26	Paulina Saball
27	Gianni López
28	Pablo Daud
29	Jaime Illanes
30	José Briones
31	Andrés Caamaño
32	Mathieu Vallard
33	Guillermo Espinoza
34	Matías Asun
35	Pablo Frederick
36	José A. Samaniego
37	Gonzalo Cubillos
38	Bolívar Ruiz
39	Marcelo Mena
40	Juan Carlos Olcay
41	Heloísa Schneider
42	Alejandro Steiner

Lista Expertos Económicos	
N	Nombre
1	Juan Cembrano
2	Roberto Román
3	Eduardo Bitran
4	Rudolf Araneda
5	René Muga
6	Alexander Galetovic
7	Bruno Philippi
8	Eugenio Evans
9	Pedro Maldonado
10	Ignacio Alarcón
11	Juan de Dios Rivera
12	Ricardo Raineri
13	Raul O Ryan
14	Ramón Galaz
15	Oscar Landerretche
16	Pablo Serra
17	Sebastián Valdés
18	Juan E. Vasquez
19	María I. González
20	Roberto Pasten
21	Marcelo Tokman
22	Jorge Rodríguez
23	Fernando del Sol
24	Andrea Butelman
25	Enrique Sepúlveda
26	Mario Valcarce
27	Marta Alonso
28	Guillermo Espinosa
29	Vivianne Blanlot
30	Guillermo Donoso
31	Nicola Borregaard
32	Juan M. Contreras
33	Alejandro Jadresic
34	Rodrigo Iglesias
35	Carlos de Miguel
36	Alfonso Toro
37	Ricardo Paredes
38	Alfonso Salinas
39	Julio Vergara
40	Francisco Aguirre
41	Luis Vargas
42	José Ignacio Escobar

Lista Expertos Sociales	
N	Nombre
1	Leonidas Montes
2	Alfredo Joignant
3	Eugenio Guzmán
4	Manuel A. Garretón
5	David Gallagher
6	Arturo Fontaine
7	Carlos Correa
8	Sergio Melnick
9	Roberto Méndez
10	Patricio Meller
11	Francisco Donoso
12	Juan Le-Bert
13	Gabriel Salazar
14	Roberto Ossandón
15	María Angeles Fernández
16	Manuel Riesco
17	Patricio Dussailant
18	Ernesto Otonne
19	Francisco Rosende
20	Cristian Zegers
21	Felipe Domb
22	Camilo Feres
23	Jaime Bellolio
24	Carlos Peña
25	Jorge Marshall
26	Jorge Navarrete
27	Eugenio Rivera
28	Patricio Navia
29	Álvaro Fischer
30	Ernesto Águila
31	Cristian Bofill
32	Paola Assael
33	Ximena Abogabir
34	Claudio Fuentes
35	Harald Beyer
36	Andrea Sanhueza
37	Guillermo Geisse
38	Manuel Tironi
39	Manuel Agosín
40	Luis Larraín
41	Francisco Díaz
42	Roberto Sapag

	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	
	MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE 2030	

Lista Expertos Ambientales	
43	Sara Larrain
44	Leonel Sierralta

Lista Expertos Económicos	
43	Pablo Guarda
44	Jorge Quiroz
45	Jaime Parada
46	Hernán Echaurren
47	Ramón López
48	Andres Gomez Lobos
49	Rodrigo Palma
50	Sebastián Bernstein
51	Hugo Rudnik
52	Mario Niklicheck

Lista Expertos Sociales
