

## DESARROLLO DE UN ESTUDIO-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN SANTA CRUZ: HALLAZGOS Y ASPECTOS RELEVANTES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

**Oliva, R. B.<sup>1</sup>; Lescano, J. R.<sup>1</sup>; Barrionuevo, P.<sup>2</sup>; Astegiano, C.<sup>1</sup>; Cortez, N.<sup>1</sup>; Triñanes, P.<sup>1</sup>; Vazquez, M.<sup>3</sup>,  
Caminos, A.<sup>1</sup>; Dutt, G.<sup>4</sup>; Catuogno, G.<sup>5</sup>; Vidal, H.<sup>6</sup>; Chiatti, A.<sup>07</sup>; Gallardo, M. R.<sup>6</sup>; Luna, M. F.<sup>8</sup>; González, J.<sup>9</sup>**

<sup>1</sup>Area Energías Alternativas UNPA y/o Grupo Energía UNPA; <sup>2</sup>SIMEC SRL, ex Gerente de Energía Eléctrica IESC;  
<sup>3</sup>Grupo SIG UNPA-UARG; <sup>4</sup>MGM Consultora, CABA; <sup>5</sup>Director del LabTA (UNSL-CONICET); <sup>6</sup>CERE/UMAG (Chile);  
<sup>7</sup>UNPA/UACO y PCR S.A.; <sup>8</sup>CIT-Santa Cruz CONICET; <sup>9</sup>UNPA/UASJ - AEA Universidad Nacional de la Patagonia Austral  
(UNPA), Area Energías Alternativas – F17, Campus UARG, Av. Gregores y L.Rivera, 9400 Río Gallegos, Santa Cruz  
e-mail: roliva@uarg.unpa.edu.ar

Email: am.baranado@gmail.com; s.esteban593@gmail.com

*Recibido 10/08/2024; Aceptado 20/08/2024*

**RESUMEN.-** El presente trabajo desarrolla el diseño y ejecución a lo largo de un semestre de 2023 de un estudio-diagnóstico energético en la provincia de Santa Cruz, que incluyó aspectos técnicos relacionados con la producción, consumo e intercambios de energía, incorporando herramientas SIG y simulaciones para prever aspectos como uso de energía renovable para reemplazo de combustibles líquidos en generación eléctrica en sistemas aislados, y producción de hidrógeno verde a través de energía eólica. Se incluyó un abordaje social a través de la realización de encuentros participativos en la mayoría de las localidades de la provincia para conocer problemáticas y necesidades locales en aspectos energéticos, y discutir posibles soluciones. Se involucraron expertos locales, regionales y de otros países para obtener un diagnóstico actualizado de esta temática.

**Palabras clave:** Diagnóstico energético, planificación energética, matriz de energía, energía y sociedad

## EVALUATION OF THE POTENTIAL OF NATURAL VENTILATION OF SEVERAL ARGENTINEAN LOCATIONS

**ABSTRACT.-** This work presents the design and implementation of an energy diagnostics study in the province of Santa Cruz, Argentina during a six-month period in 2023. The study included technical aspects related with energy production, demand and exchange, the use of GIS tools and simulations to assess replacement of fossil fuels with renewable energy, and wind-powered hydrogen production. The study additionally encompassed social issues which were assessed with local stakeholders at community meetings scheduled during the project, in most cities and villages of Santa Cruz. This interaction allowed for a direct contact with energy related problems and requirements, and a discussion of the proposed solutions. Participating experts from local, regional and international institutions aided in the development of an up-to-date diagnostics of this subject.

**Keywords:** energy diagnostics, energy planning, energy matrix, social aspects of energy

### 1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Santa Cruz (Figura 1) se ubica en el extremo sur de la Patagonia argentina, con una extensión considerable (243.943 km<sup>2</sup>) y una baja densidad poblacional de aproximadamente 1,37 hab/km<sup>2</sup> (INDEC, 2023).

Se trata una provincia con importantes recursos energéticos convencionales y no convencionales (InformeProd-SC,2022). La aceleración global de la transformación en el sector energético, impulsada por los desafíos del cambio climático, la innovación tecnológica, y la búsqueda de una mayor eficiencia en el uso de los recursos, genera la exigencia de crear nuevos modelos de

planificación adaptativa, combinando la satisfacción de las necesidades de la población, con las fortalezas de la provincia. Una de las tareas consideradas importantes fue la actualización de datos y diagnóstico en terreno sobre diversos aspectos enfocados en el logro de una transición a fuentes limpias de energía, de una diversificación de la matriz provincial y de una mayor solidez del sistema. Estas fueron las principales motivaciones para encargar el presente Estudio Diagnóstico (EDIPE I - *Estudio Diagnóstico e Identificación de Proyectos Energéticos. Etapa I*) por parte del ex Instituto de Energía de Santa Cruz (IESC), y llevado adelante durante seis meses en 2023 por el Grupo Energía UNPA y la Unidad de Vinculación Tecnológica de la Universidad, bajo contrato EX-2022-00141660- -CFI-GES#DC con el CFI, Consejo Federal de Inversiones.

## 2. CONTEXTO ENERGÉTICO Y SOCIO-ECONÓMICO

La actividad económica de la provincia de Santa Cruz (en adelante Santa Cruz) se basa principalmente en la extracción de petróleo y gas, actividades que han concentrado históricamente cerca del 50 % de la economía provincial. Lo relativo al gas natural (GN), incluye las extracciones por separación de propano, butano (Gas Licuado de Petróleo ó GLP) y gasolina virgen. La producción hidrocarbúrfica constituye una fuente de regalías que, con altibajos, ha sostenido en gran medida la actividad local (SC-Recs, 2020). La explotación petrolera se inició con una primera perforación de YPF en la zona de Caleta Olivia en 1944, luego en Cañadón Seco.



Fig. 1 Ubicación de la Provincia de Santa Cruz

La producción de petróleo llegó a su máximo en alrededor de 10.7 Millones de m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>) por año en 1998, aunque en 2021 bajó a 4.1 Mm<sup>3</sup> (Tabla 1). La producción de GN se inició luego de los primeros yacimientos en Pico Truncado, a poco de constituirse Santa Cruz en Provincia. Solamente en lo relativo a GN, a través del gasoducto General San Martín (construido en 1965 desde Pico Truncado a Buenos Aires, luego extendido hasta Tierra del Fuego) durante el año 2021 la provincia “exportó” hacia el resto del país 3524 Mm<sup>3</sup> de GN, un promedio de 9.6 millones de m<sup>3</sup> de GN por día (Mm<sup>3</sup>/d), ó el equivalente de consumo diario de dos centrales termoeléctricas de ciclo combinado de 800 MW.

Tabla 1 Producción 2021 de la Provincia de Santa Cruz (InformeProd-SC,2022)

Producto	UM	Año*	Valor	Var. I.a. (%)**	Part. Total Nac. (%)**	Fuente
Gas natural	millones de m <sup>3</sup>	2021	3.524	-11,4	7,8	Secretaría de Energía
Petróleo crudo	miles de m <sup>3</sup>	2021	4.087	-6,8	13,7	Secretaría de Energía
Oro	tn	2020	17,6	-44,6	50,4	Secretaría de Minería
Plata	tn	2020	562,8	-26,3	0,0	Secretaría de Minería
Calamar filix	tn	2021	40,9	23,0	30,9	SAGyP
Langostino	tn	2021	16,8	6,7	7,8	SAGyP
Stock ovino	miles de cabezas	2021	2.536	-8,2	19,0	SENASA
Fauna	miles de cabezas	2021	410	-4,2	43,7	SAGyP
Turismo**	miles de pernóctes	2021	1.126	5,9		INDEC

\*Corresponden al último dato disponible (valor, var. i.a. y la participación en el total nacional).

\*\* Los datos refieren a las localidades de Calafate y Río Gallegos. El total nacional se calcula sobre un total de 49 localidades turísticas relevadas por INDEC.

Debido a las grandes distancias, sin embargo, buena parte de las localidades de los departamentos menos densamente poblados carecen de redes de GN y dependen de la distribución del más costoso GLP (Gas Licuado de Petróleo) para sus necesidades térmicas.

Otra de las actividades importantes es la pesca, que ha evolucionado significativamente desde 1993 en la captura de calamar, langostino, merluza, pota, y corvina, con un fuerte desarrollo portuario en la zona de Puerto Deseado. Este puerto natural es además el más desarrollado de la provincia, y junto con el de Punta Quilla (Puerto Santa Cruz) son puertos multipropósito, aptos para buques de ultramar, cabotaje y pesqueros.

Un destacado rubro de la economía provincial es la ganadería con cría principalmente de ovinos, pero también vacunos en zonas de mayor precipitación o vía la instalación de *feed-lots*. Aunque las condiciones climáticas han restringido la agricultura tradicional, la provincia tiene interesantes producciones frutales (cereza, frambuesa, calafate, frutilla) en su zona Noroeste y ajo en determinadas zonas como Gobernador Gregores.

En minería, aunque tradicionalmente la explotación minera fue de carbón (hulla) en las minas de Río Turbio, hoy en día la minería metalífera constituye una de las exportaciones principales de la provincia (Tabla 2), a partir del inicio en los '90 la explotación de oro en Cerro Vanguardia, y de oro con plata en la mina de Manantial Espejo. Esta tendencia ha continuado con otros proyectos principalmente en zona centro y noroeste de la provincia.

Tabla 2 Principales cadenas exportadoras, 2021 de la Provincia de Santa Cruz (InformeProd-SC,2022)

N°	Principales cadenas	Exportaciones				Contribución a la variación %
		Millones US\$ FOB	Part. %	Part. Acum %	Var. % I. a.	
1	Minería metalífera	1.630	70%	70%	14,1%	10,5%
2	Hidrocarburos	384	17%	87%	65,9%	7,9%
3	Pesquero	271	12%	99%	18,5%	2,2%
4	Ganadero ovino	20	1%	99,6%	3,0%	0,0%
	Resto	9	0,4%	100%	-29,1%	-0,2%
	<b>Total Provincial</b>	<b>2.314</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>20,5%</b>	<b>20,5%</b>

Posee además en el sector industrial, plantas elaboradoras y conservadoras de pescado y sus derivados, una planta de producción de clinker / cemento (PCR S.A.) en Pico Truncado y una Zona Franca industrial (de desarrollo incipiente) en Caleta Olivia, con instala-

ciones portuarias renovadas en Caleta Paula. Un recurso económico de importancia es el turismo, que crea un continuo flujo de inversiones especialmente en la zona Sur cordillerana con epicentro en las localidades de Calafate y El Chaltén.

A partir de la extensión del Sistema Interconectado Nacional o SADI (*Sistema Argentino de Interconexión*) desde Pico Truncado hacia el sur en 2008 se abrió un importante potencial de generación con energías renovables no convencionales como la eólica, que desde 2019 ha instalado poco más de 300 MW de parques eólicos en zona norte, con factores de capacidad sostenidos por encima del 50%. El proceso de construcción de las represas sobre el Río Santa Cruz ha avanzado en los últimos años (su potencia nominal fue reducida de 1740 a 1310 MW luego de un estudio de impacto ambiental) y promete producir en unos años junto con la usina termoeléctrica de Río Turbio (240 MW) una cantidad de energía cuyo transporte y destino aún no está resuelto, dada la limitada capacidad de la única línea de EAT de 500 kV que atraviesa la provincia desde Pico Truncado hasta el paraje Esperanza.

Si bien las localidades más grandes del extremo sur (Río Gallegos, Río Turbio, Calafate) y del noreste (Caleta Olivia, Pico Truncado, Puerto Deseado) tienen interconexión al SADI en líneas de menor tensión, buena parte de la provincia (al igual que ocurre con las redes de GN) depende de redes de generación aislada con combustibles líquidos y grupos generadores diésel. Por lo tanto, se incluyeron en el presente estudio simulaciones de suministro eléctrico aislado incorporando fuentes limpias (eólica y solar) además de los avances en almacenamiento y control de microrredes para localidades selectas del interior provincial.

### 3. DESARROLLO DEL ESTUDIO

A través del EDIPE I se buscó por un lado identificar características de la matriz energética provincial (reservas, flujos de energía relacionados con la oferta y demanda de energía, comercio de la energía, y restricciones de tipo ambiental y tecnológico), identificando fuentes de datos y utilizando herramientas como los Sis-

temas de Información Geográfica (SIG) para construir su referencia espacial. Este aspecto técnico se plasmó en una aproximación a la metodología de los balances energéticos (MetodologíaBEN, 2015) que cuenta con una normativa nacional y formas especiales para las provincias (NotasBEP, 2017). El desarrollo incluyó el procesamiento y la preparación de los datos para su representación gráfica según estándares internacionales (Eurostat, 2023). Por otro lado, el trabajo buscó la identificación de problemáticas e ideas proyecto que permitan introducir cambios y mejoras en bienestar de la población, con cuidado de los aspectos ambientales. Para ello se organizó a lo largo del Estudio la realización de reuniones por localidad, con invitación a diversos actores del tema energético y la participación de entes y empresas.

#### 3.1 Fuentes consultadas y desarrollo del estudio

Las fuentes consultadas para datos secundarios incluyeron los recursos informativos y estadísticos del IESC, de SPSE, del CFI, de los entes y empresas citadas, de la Secretaría de Energía de la Nación, el Instituto Argentino de Energía (IAE), el Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG), la Agencia Internacional de Energía (IEA). Se consultó el Plan Estratégico Energético 2050 para Magallanes (CERE-Magallanes2050, 2015) realizado entre 2014 y 2015 por el CERE de la Universidad de Magallanes, Chile. En lo que respecta a actividades, las mismas incluían trabajo de gabinete para la recopilación de datos y preparación de los informes de avance y final requeridos por los términos contractuales, incluyendo un resumen ejecutivo, introducción general, objetivos, metodología y alcances del estudio. Se presentaron datos básicos de la provincia en aspectos geográficos, demográficos, económicos y de legislación relativa a aspectos energéticos, incluyendo un importante trabajo con mapas y cartografía digital, con información de hidrocarburos, líneas eléctricas y otros ítems de interés. Asimismo, se presentó un resumen metodológico del Balance Energético Nacional, según las fuentes de Secretaría de Energía y Minería (DatosBE, 2022) y prácticas internacionales recomendadas, y una primera aproximación sobre el desarrollo en los balances energéticos locales.

Tabla 2022 DEMANDA TOTAL POR SECTOR [MWh]

Datos	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
SPSE SANTA CRUZ (SADI)	CAMMESA	293707,9	315430,0	20719,2
MUNIC. PICO TRUNCADO	CAMMESA	27132,6	23680,0	
LOCALIDADES AISLADAS	SPSE	49030,3	4404,3	
AUTOGENERADORES	CAMMESA			492947,8
<b>TOTAL SANTA CRUZ</b>		<b>369870,9</b>	<b>343514,4</b>	<b>513667,0</b>

DEMANDA TOTAL POR SECTOR [kTep]

RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL
31,8	29,5	44,2

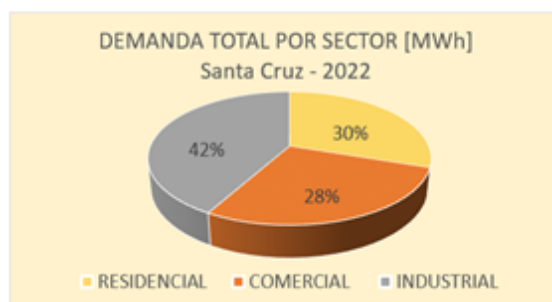


Fig. 2 Cómputo de demanda por sector eléctrico, tanto aislado como desde SADI, y conversión a kTep para incorporación a balances energéticos (elaboración propia)



### 3.2 Hidrocarburos, energía eléctrica y eficiencia

En lo relativo a hidrocarburos, se desarrollaron diversos aspectos de explotación y demanda en Santa Cruz, incluyendo una introducción y aspectos generales de la industria, un análisis de producción primaria y su referenciación geográfica (vía SIG), y un análisis de demanda y consumo durante 2022, con perfil de usuarios y estudio tarifario. Se incluyeron los estudios disponibles sobre estado de reservas de gas, petróleo y carbón. Asimismo, se incorporaron aspectos de la demanda de energía eléctrica, producción y consumo en Santa Cruz (Figura 2), en lo relativo a las zonas que cuentan con integración al SADI (Sistema Argentino de Interconexión), su referenciación geográfica, los aspectos de generación local (sobre todo a través de parques eólicos desde 2019) e intercambio eléctrico.

Se realizó un estudio del tema tarifario y los sistemas de producción eléctrica para gran escala (usinas térmicas a carbón en Río Turbio, avances en represas hidroeléctricas en el río Santa Cruz), y también en el estado de los sistemas eléctricos aislados. Se realizaron simulaciones detalladas sobre algunas comunidades con estas características, para vislumbrar las perspectivas de mini y micro-redes eléctricas con almacenamiento energético y reemplazo de combustibles líquidos en sistemas aislados. Se dedicó una sección especial al análisis de posibles medidas de eficiencia a implementar para reducir la demanda futura sobre todo en aspectos térmicos, teniendo en cuenta el riguroso clima de la región.

### 3.3 Fuentes renovables y desarrollo del hidrógeno

Se desarrollaron aspectos técnico-económicos de algunas de las fuentes energéticas renovables con desarrollo comercial como la eólica, la solar y la hídrica. También las perspectivas de la mareomotriz, en estado pre-comercial pero con potencial significativo en las costas de la Provincia. En cuanto a las posibilidades del hidrógeno se revisaron las perspectivas de su utilización como vector energético, y el creciente número de proyectos que involucran su producción limpia a través de fuentes abundantes en la zona como el viento (H2-verde). Se analizó también el estado de la Planta Experimental de H2 de Pico Truncado, construida en 2004 y que fue pionera en esa temática en la región. Se presentó en el EDIPE I a modo demostrativo la complementación de un sistema de producción de hidrógeno verde a partir de un parque eólico en la zona de Puerto Santa Cruz, utilizando las técnicas más recientes para su dimensionamiento y posterior conversión a amoníaco, uno de los denominados *carriers* líquidos que presenta perspectivas económicas favorables.

### 3.4 Reuniones y encuentros comunitarios

Además de los aspectos técnicos, el trabajo buscó la identificación de problemáticas e ideas proyecto que permitan introducir cambios y mejoras en bienestar de la población, con cuidado de los aspectos ambientales. Para ello se organizó a lo largo del Estudio la realización de reuniones por localidad, con invitación a diversos actores del tema energético y la participación de entes y empresas. Se organizaron encuentros en 16 localidades (convocando a un total de 21 comunidades de Santa Cruz), donde luego de una exposición se trabajó en pequeños grupos, se difundió una encuesta en formato digital, y en cada actividad se relevaron testimonios en entrevistas con los participantes. Se reunieron las ideas-proyecto más relevantes y se clasificaron por temática. Se incluyó en el EDIPE I un informe de los viajes realizados y reuniones en las localidades de Santa Cruz, partiendo de la presentación inicial realizada el 21/06/2023 en Lago Posadas y las visitas a las localidades de Perito Moreno // Los Antiguos, Bajo Caracoles y Gobernador Gregorios.



Fig. 3 Apertura del ciclo de encuentros – Lago Posadas

Posteriormente se realizó la actividad en San Julián, Piedrabuena y Puerto Santa Cruz (09/2023), y en Puerto Deseado, Caleta Olivia / Cañadón Seco, Las Heras, Pico Truncado / Koluel Kayke, y Jaramillo / Fitz Roy (10/2023). En la última recorrida se visitaron y realizaron reuniones en las localidades de El Chaltén, Tres Lagos, El Calafate y Río Turbio / 28 de Noviembre (11/2023). La reunión final para Río Gallegos / La Esperanza se realizó en el Campus UNPA/UARG en Río Gallegos en noviembre de 2023, cumpliendo un recorrido de 6300 km. El EDIPE I presentó un resumen de las ideas-proyecto relevadas con su ubicación, recomendaciones y conclusiones de la presente etapa.

## 4. HALLAZGOS RELEVANTES DEL ESTUDIO

La Provincia cuenta con un significativo potencial en cuanto a su disponibilidad de recursos energéticos, tanto renovables como no renovables. Debido a su extensión geográfica, la baja densidad poblacional, y a la reducida radicación de industrias el perfil energético es netamente exportador hacia otras regiones del país.

### 4.1 Hidrocarburos

En el aspecto de hidrocarburos, la producción tanto de petróleo como de gas convencionales han mostrado una evolución decreciente desde 1999 a la fecha (SE-Hidrocarburos, 2023). Los valores de 2022 pueden observarse en la Tabla 3 e implican una caída de 60% en petróleo y de 50 % en gas respecto a los inicios de década. Las mayores producciones de petróleo se dan en zona norte (departamento Deseado) y las de gas en zona sur (departamento Güer Aike). Se realizaron con tecnología SIG mapeos de pozos actuales de hidrocarburos, a modo de ejemplo se muestran los de zona sur en Figura 4.

Tabla 3 Producción de Petróleo + Condensado y Gas en 2022 por departamento (Fuente: elaboración propia)

DEPARTAMENTO	PETROLEO + CONDENSADO (m <sup>3</sup> )	GAS (Mm <sup>3</sup> )
DESEADO	3.657.168,13	1.133.902,80
LAGO BUENOS AIRES	26.996,80	8.226,63
GÜER AIKE	243.719,12	1.683.068,87
LAGO ARGENTINO	23.049,98	449.462,55
CORPEN AIKE	16.623,56	52.192,47
RIO CHICO	0,00	0,00
MAGALLANES	0,00	0,00

La caída productiva se debe a diversos factores económicos y técnicos, pero se corresponde con una reducción mundial de la producción de hidrocarburos por sistemas convencionales. Existe por ello una expectativa importante sobre la evolución posible de la

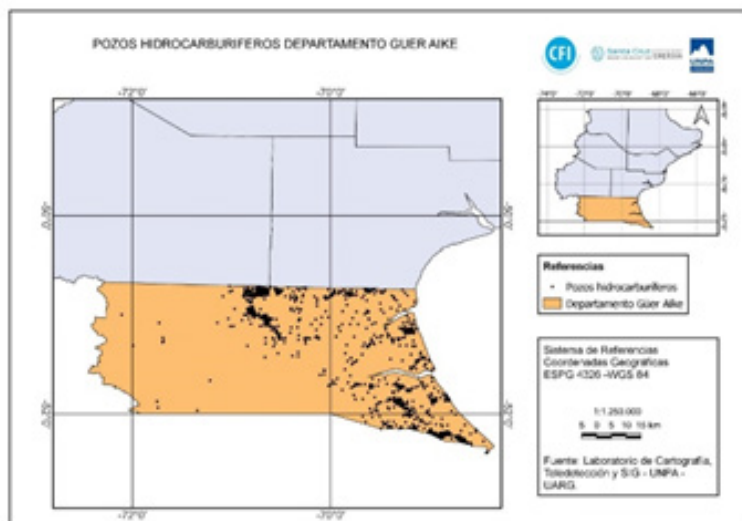


Fig. 4 Ubicación de pozos hidrocarbúricos en Departamento Guer Aike (fuente: Grupo SIG-UNPA c/datos IESC)

explotación en formaciones no convencionales, como es el caso de Palermo Aike, con una superficie de 12600 km<sup>2</sup> y una profundidad de 3000 a 3500 m (Figura 5). Se encuentra en inicios el desarrollo de pozos no convencionales en la “Fracción II - El Cerrito”, perteneciente a la concesión no convencional de las empresas CGC e YPF en Santa Cruz.



Fig. 5 Formación Palermo Aike (YPF-CGC)

#### 4.2 Energías renovables – mercado eléctrico

En el aspecto de energías renovables y mercado eléctrico la producción de energía eólica en los parques conectados al SADI en los últimos años ha tenido una evolución muy significativa. Con solamente tres parques eólicos instalados desde 2019 (año de inauguración del Parque Bicentenario en Jaramillo, 127 MW de máquinas Vestas, de PCR S.A.) a través del programa RenovAR, la provincia pasó en 2021 a ser exportadora neta de energía eléctrica (Figura 6). En 2021 se instaló el Parque Vientos Los Hércules (97 MW de máquinas Senvion) en Koluel Kayke de Total-EREN y en 2022 del Parque Cañadon León (122 MW de máquinas GE) de YPF Luz.

La generación térmica preexistente (aproximadamente 300 GWh/año) aportada se suma a la producción de los tres parques eólicos mencionados y completaron 1800 GWh/año en 2022, de los cuales 1564 GWh fueron con energía eólica (Figura 7). Los factores de capacidad exceden el 50% en casi todos los períodos, y las máquinas instaladas son Clase I o S según la normativa IEC 61400-1

#### EVOLUCIÓN ANUAL MERCADO ELÉCTRICO EN SANTA CRUZ (en GWh)



Fig. 6 Totales de generación y demanda anual [GWh] en Santa Cruz, con relación a intercambios en el SADI, fuente (IESC-SPEME, 2023)

PRODUCCIÓN MENSUAL DE ENERGÍA EÓLICA EN 2022 (GWh) - SANTA CRUZ

MES DEL AÑO + PARQUE E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Producción m anual (GWh)
P.E. BICENTENARIO	49,00	43,40	58,00	50,50	51,70	48,30	43,00	54,30	48,30	61,00	50,30	51,30	610,70
P.E. CAÑADÓN LEÓN	18,30	23,40	38,00	37,00	42,80	50,20	47,90	54,80	46,40	58,70	38,60	45,60	509,90
P.E. VIENTOS LOS HÉRCULES	38,00	30,30	43,00	35,00	34,50	36,20	35,00	43,00	36,10	43,40	38,60	40,50	450,20
Total al anual en energía eólica (GWh)													1569,80

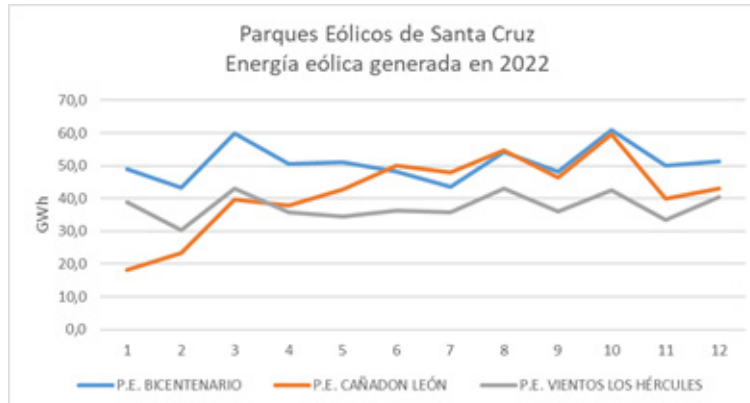


Fig. 7 Generación 2022 de los parques eólicos Bicentenario, Cañadón León y V. Los Hércules (Fte: Elab. Propia en base a datos de CAMMESA)

#### 4.3 Producción de H2 verde con Energías renovables

En cuanto a la producción de hidrógeno verde con energía eólica, se analizó en el marco del EDIPE I una modelación a micro-escala de un emplazamiento en la zona de Punta Quilla utilizando datos medidos en San Julián, e incorporando los modelos WindPro-WASP (Grupo UMAG/EDIPE I, 2023), y se determinó la producción de combinaciones para un hipotético parque eólico de 350 MW nominales, a instalar en proximidades de dicho puerto.

Se consideraron dos máquinas distintas (Vestas y Enercon) para el modelado, en la Figura 8 se muestra la distribución con máquinas Vestas para dicho parque. Para estimar la capacidad de electrólisis que se podría instalar con la energía producida por el parque eólico propuesto, se propuso una tecnología de electrolizador disponible comercialmente (PEM Sylizer de Siemens) y se consideró como supuesto que el agua requerida por la capacidad instalada de electrólisis sea obtenida del mar, con la integración de una planta de osmosis inversa que permita alcanzar el alto estándar de agua requerida para producir H2. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

También se incorporó para Punta Quilla, una estimación de la cantidad de amoníaco que podría ser producido en el sector utilizando para ello una planta de tecnología convencional Haber-Bosh.

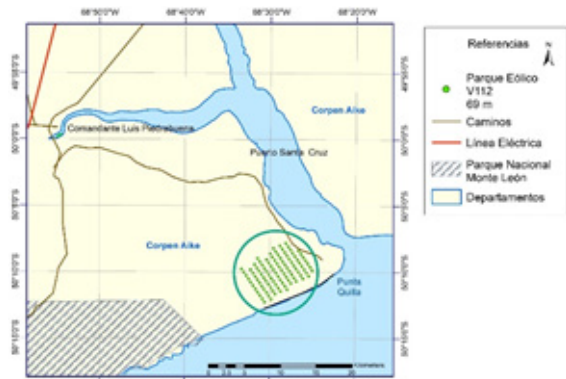


Fig. 8 Ubicación de 102 aerogeneradores V112 de 3,45 MW cada uno, (estimados a mayor separación entre aerogeneradores) en el sector de Punta Quilla – Grupo UMAG

Tabla 4 Resultados de producción de hidrógeno y oxígeno anual para parque eólico en sector de Punta Quilla - Grupo UMAG

Parque eólico		Energía Anual		Producción Anual de H2 y O2		
AGs	N°	Pot.Nominal (MW)	Factor de Capacidad	Resultado - 10% (MWh)	(Ton) <sub>H2</sub>	(Ton) <sub>O2</sub>
6-124	76	353,4	52,3	1.620.698	32.640	261.120
V-112	102	351,9	47,5	1.463.752	29.920	230.360

Además de la planta de electrólisis y purificación del agua, se requiere una unidad de separación de nitrógeno del aire, que se alimenta a la unidad Haber-Bosh (Figura 9). Sumando los consumos de los distintos módulos, se determinó que la configuración propuesta permitiría tener una planta de amoníaco con una producción estimada de 160.000 toneladas anuales.

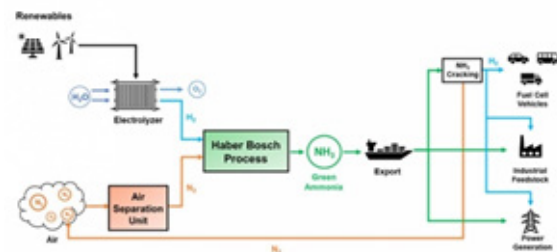


Fig. 9 Esquema de producción de amoníaco verde Fuente: (Ammonia Energy Association, 2022)

#### 4.4 Oportunidades en aspectos de eficiencia energética

Santa Cruz se encuentra comprendida dentro del encuadramiento de zonas frías de la República Argentina, en que existen subsidios en la provisión de gas natural, con regímenes legales que descuentan 50% de las tarifas vigentes en otros climas, además de otros subsidios, sobre todo para hogares de ingresos medios y bajos. En el caso de la energía eléctrica también existen subsidios locales incorporados.

Si bien los subsidios abaratan el costo de la energía para los usuarios finales, agregan gastos al Estado Nacional y Provincial. Además, y esto es muy importante, reduce los incentivos para la eficiencia energética y la instalación de sistemas solares para aplicaciones como generación eléctrica y calentamiento de agua, de manera dis-



tribuida. Es así como los subsidios eliminan varias oportunidades de trabajo en la eficiencia energética y en energías renovables.

En los últimos meses se han ido eliminando en Argentina los subsidios al gas natural y la energía eléctrica para los hogares de ingresos altos y aquellos que no han pedido el subsidio. Entonces, para este grupo de personas, se abre una nueva oportunidad de inversiones en eficiencia energética y energías renovables. Sin embargo, por la existencia de subsidios durante más de 20 años, desde la pesificación de las tarifas a principio de 2002, se han reducido significativamente los oficios/especialistas de eficiencia energética y energías renovables (ESENERG, 2006). Por ello aparece una situación de “huevo-o-gallina”, en la que aún las personas que quieren invertir en medidas de eficiencia energética no pueden por falta de oferta. Existen notables excepciones. En estos últimos 20 años, el estado nacional ha impulsado un sistema de etiquetado de eficiencia energética que cubre tanto equipos de gas para el hogar como electrodomésticos (EtiquetadoAR, 2023).

#### 4.5 Otras medidas de eficiencia energética en aspecto térmico

A diferencia de equipos enchufables y aquellos que requieren instalación, un edificio tiene una vida útil de décadas, a veces siglos. Una inversión en construcción eficiente resulta entonces conveniente económicamente, además de significar un ahorro mayor de energía en términos absolutos. Suele ser más difícil y costoso modificar envolventes de edificios existentes y el potencial de ahorro energético es mucho menor al que se puede lograr en edificios nuevos. Por ejemplo, una medida de costo cero sería la orientación favorable del edificio, específicamente las ventanas para aprovechar mejor la radiación solar para la calefacción, es imposible para un edificio existente. De hecho, puede ser una medida imposible cuando ya está hecha la traza de las calles. Pocas calles en trazas urbanas en Argentina tienen orientación Norte-Sur, Este-Oeste. Notables excepciones incluyen a Puerto San Julián en Santa Cruz y San Miguel de Tucumán.

Si bien las oportunidades de eficiencia energética, en términos absolutos, son muy superiores en construcciones nuevas, la larga vida de las existentes indica que éstas, en su conjunto, presentan el mayor potencial de ahorro energético.

Se recomiendan las siguientes medidas para viviendas existentes, significativas para zonas frías:

1. Agregar otra capa de vidrio en ventanas que tienen un solo vidrio, aunque ya tengan termopanel.
2. Agregar aislante térmico en la parte superior, cuando sea posible
3. Agregar aislante térmico en el exterior de las paredes.

También surge la posibilidad de incorporar el etiquetado en la construcción de viviendas para hogares de ingresos altos/medios. Se propuso avanzar para Santa Cruz con el etiquetado de edificios según normas de eficiencia mínima. (IRAM11900,2014), tanto para viviendas nuevas como existentes. También existe un sistema propuesto en (Dutt y otros,1996), anterior a la norma IRAM, en que se presenta una calificación energética de edificios multifamiliares (y por supuesto unifamiliares), con tres indicadores:

1. Calificación en letras desde A (más eficiente) hasta G (menos eficiente) para los consumidores;

2. Calificación en unidades de energía primaria, considerando gas y energía eléctrica, para los diseñadores, arquitectos y empresas constructoras;

3. Calificación en términos de costo energético, para instituciones financieras, por ejemplo, para incluir los costos energéticos en la ecuación para determinar créditos hipotecarios.

La calificación se establecería en función de las especificaciones de diseño, con diagnóstico energético instrumentado (conocido en inglés como “house doctoring”) antes de la certificación final de cada unidad habitacional. Se incorporarían, además de la envolvente, los consumos comunes (ascensores, bombas, luces en pasillos).

## 5. ESTUDIOS Y SIMULACIONES SOBRE COMUNIDADES AISLADAS DE SANTA CRUZ

Como parte del estudio, se realizaron diagnósticos en pequeñas localidades aisladas relativos a la repotenciación e hibridación con energías renovables de las mini y microrredes eléctricas, con almacenamiento energético y reemplazo de combustibles líquidos en sistemas aislados en Santa Cruz, conforme a la Ley de Generación Distribuida (LeyGenDis27424,2018) y el programa PERMER (PERMER2,2020). Los sitios identificados para este trabajo son Lago Posadas, Tres Lagos, El Chaltén, Bajo Caracoles, Perito Moreno, Gobernador Gregores, Punta Bandera y Fuentes de Coyle.

Estas localidades de Santa Cruz cuentan con sistemas de generación a explosión (diésel) para el abastecimiento de energía eléctrica. Se las identifica como las primeras candidatas a recibir sistemas de energía renovable con su respectivo aporte de potencia, confiabilidad y reducción de costos de combustible, así como su impacto ambiental, al tiempo que mejoran la calidad de vida de los habitantes. A modo de ejemplo se presenta el caso de la localidad Lago Posadas, una de las localidades analizadas.

### 5.1 Lago Posadas - Generación y consumos

Lago Posadas en una localidad que se encuentra en el departamento Río Chico, se encuentra ubicado a 7 km del Lago Posadas y 22 km del Lago Pueyrredón. Al pie de la meseta El Águila, a 182 m s. n. m., dentro del valle transversal recorrido por el río Tarde y es posible acceder a través de la ruta provincial RP 39, a 72 km de Bajo Caracoles, situada en la Ruta 40. La generación eléctrica en Lago Posadas se realiza a través de dos grupos electrógenos CETEC CD688ESA y P126TI-II de 400 y 360 kW de potencia efectiva (Figura 10, visita 06-2023) operados por la empresa provincial Servicios Públicos (SPSE).



Fig. 10 Generador diesel CETEC / SPSE Lago Posadas

En la Figura 11 se observa la generación de energía anual durante los últimos 10 años (SPSE-Mem421726,2023), donde se aprecia un incremento del 30% de energía generada en los últimos años con respecto al año 2010. De la misma manera se pudo analizar el consumo anual de combustible (gasoil) en el periodo 2012-2022 (Figura 12) donde se observa un crecimiento con relación a la generación.

### 5.2 Simulación del Sistema

Se utilizó el software Homer Pro para dimensionar en forma óptima los componentes de la microrred y para simular su desempeño eléctrico y económico a lo largo de su vida útil. Se propusieron las siguientes restricciones y especificaciones para el diseño.

- Energía 24 h / 365 días al año
- Fracción renovable de la energía anual mayor al 80%
- Se diseña el sistema para aceptar una ampliación posterior del 25% en la energía generada sin mayores modificaciones.

- Se requiere un sistema de control que ajuste la generación a la demanda de forma inteligente, garantizando todos los requisitos.

- Se requiere banco de baterías de litio, en sus presentaciones comerciales con mayor madurez como LiFePO4.

### 5.3 Arquitectura del sistema en simulación

Para el análisis preliminar se simuló un sistema básico compuesto de la generación en base a combustibles fósiles existente, ajustando por su consumo de combustible anual, así como por la demanda de energía mensual ajustada a un patrón diario de consumo del tipo “comunidad”. Se agregaron a este esquema, aportes renovables de solar y eólica, almacenamiento en baterías de litio e inversores de energía.

En función del planteo de un sistema con variantes de optimización se simularon escenarios preliminares para identificar los patrones de variación que se obtuvieron de las mismas. En función de esto se obtuvieron 15.120 combinaciones de simulación cuyo resultado se analiza gráficamente como superficie de optimización (Figura 13).

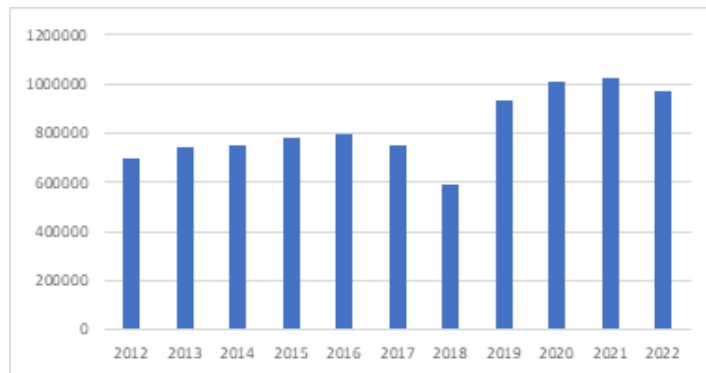


Fig. 11 Energía anual generada durante el periodo 2012-2022 [kWh/año] (Fuente SPSE).

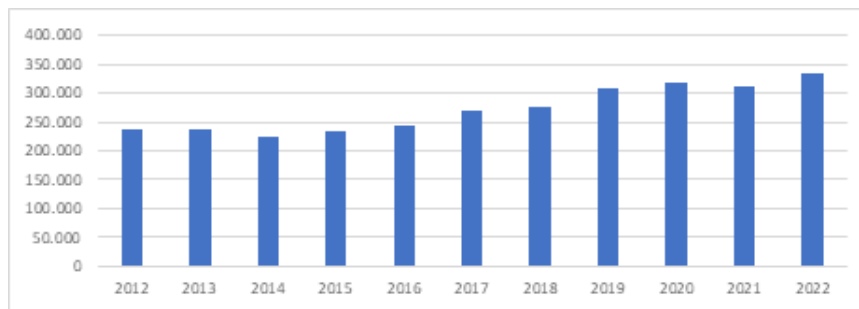


Fig. 12 - Consumo anual de combustible durante el periodo 2012-2022 (litros/gasoil) (Fuente SPSE)

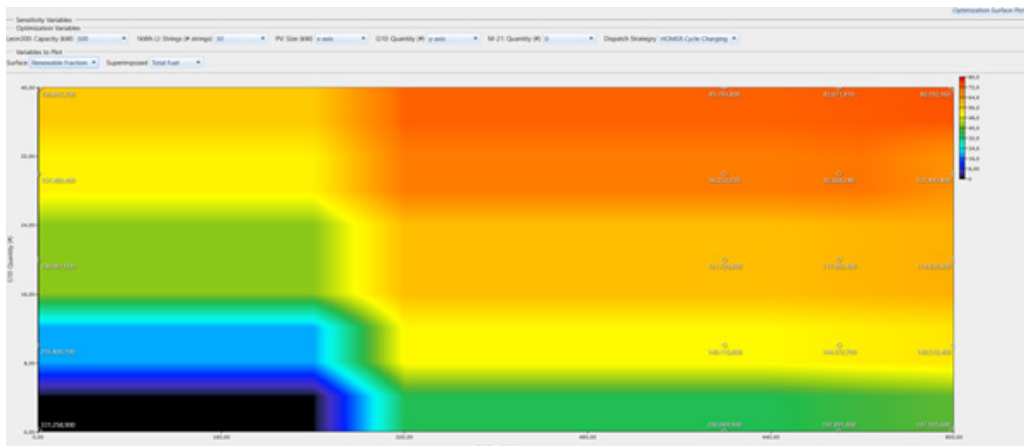


Fig. 13 Superficie de optimización para Lago Posadas (Fuente: Grupo Eléctrico / EDIPE I)





Fig. 14: Vista de trabajo grupal en encuentro Cmt. Piedrabuena / Pto. Santa Cruz 09/23 y representación gráfica de algunos resultados de la encuesta a los asistentes

En colores, la fracción renovable mayor (naranja, costado superior derecho) muestra sensibilidad a la incorporación de aerogeneradores (G10 - eje vertical) mayor que a la incorporación de potencia fotovoltaica (PV size -eje horizontal). La máxima fracción renovable no varía sensiblemente a partir de los 350 kW eólicos y 320 kW fotovoltaicos, con 400 kWh de acumulación en baterías. Los números superpuestos sobre la superficie de colores identifican el combustible total consumido, y muestran en efecto que su disminución es menor al 10% con una duplicación en la potencia fotovoltaica. Se puede observar que, si bien el grupo diésel sigue aportando energía al sistema, principalmente en invierno, la reducción del consumo de combustible es aproximadamente un 73%, reduciendo de esta manera también las emisiones de dióxido de carbono.

## 6. ASPECTOS SOCIALES DEL TEMA ENERGÉTICO EN EL EDIPE I

El EDIPE I tuvo entre sus objetivos la elaboración de un relevamiento/diagnóstico que permitiera conocer la realidad energética provincial, incluyendo instancias de participación e intercambio. Como se mencionó anteriormente, se organizaron encuentros en las comunidades, en los que luego de una exposición se trabajó en pequeños grupos, se difundió una encuesta en formato digital, y en cada actividad se relevaron testimonios en entrevistas con los participantes.

La metodología implicó convocar a los distintos entes comprometidos en las localidades, reunirse e interactuar para compartir opiniones de los actores locales en cuanto a los recursos disponibles (económicos o materiales cómo maquinarias y combustible) para resolver sus necesidades energéticas, cuáles son los problemas que encuentran y qué soluciones consideran posibles de ser aplicadas. Cada reunión arrancó con una presentación de 30 minutos con el siguiente temario:

- Objetivos del Estudio
- La Energía y su importancia
- Preguntas sobre la realidad energética local
- Trabajo Grupal y encuesta
- Conclusiones y puesta en común

Se incorporaron en esta presentación inicial (diferente para cada localidad según su contexto) algunos conceptos sobre energía, potencia, unidades y eficiencia, que permitieron dar un marco técnico mínimo a la discusión posterior.

Se buscó dar un carácter estadístico a los datos obtenidos por medio de encuestas realizadas (vía formularios electrónicos / escaneo de QR) para la identificación de las distintas características y necesidades energéticas de la comunidad. Terminada la presentación, se dejó un espacio para preguntas, distribuyendo luego a los asistentes en grupos para trabajar en relación con los siguientes ejes:

1. Descripción de la localidad, características de la población, sus recursos energéticos, desarrollo laboral, tiempo libre, educación y salud, etc.
2. Proyección de desarrollo: ¿Cómo imaginan la localidad en 20 años, en cuanto a la población, accesibilidad y qué áreas se podrían desarrollar?
3. Recurso energético a futuro: ¿Cómo suponen que debería crecer el recurso energético de la localidad para dar respuesta a la población y las distintas demandas según se desarrollen sus actividades?

Al finalizar el trabajo en grupo se realizó la puesta en común para conclusiones y propuestas. Del tratamiento de las opiniones vertidas surgieron elementos de interés para la mejora del sector energético, por ejemplo los mostrados en Figura 16 y Figura 17.



Fig. 15: Vista de reunión en encuentro Tres Lagos 10/23



Fig. 16: Opiniones sobre el suministro energético actual en localidades de Santa Cruz (elab. propia)



Fig. 17: Opiniones sobre aspectos importantes para mejorar la calidad del suministro energético (elab. propia)

Las ideas-proyecto que se consideraron más relevantes en las localidades durante el recorrido realizado se clasificaron en las siguientes categorías:

- De impacto productivo
- De suministro eléctrico
- De suministro eléctrico y térmico
- De inversiones en nuevas tecnologías

- De generación eléctrica distribuida
- De mejora de servicios que requieren energía
- De finalización de obras en proceso

En la Tabla 5 se muestra un extracto de algunas de las ideas-proyecto resaltadas en cada comunidad. Las mismas son un instrumento para realizar una valoración preliminar de la inversión inicial en cada caso y su relación costo-beneficio. Esto puede realizarse en

Tabla 5 Extracto parcial de las ideas-proyecto propuestas en cada comunidad

NRO	CATEGORIA	IDENTIFICACION	LOCALIDAD/ES
1	DE IMPACTO PRODUCTIVO	P1) Desarrollo de la energía para industrializar las materias primas: caolín, frutas y verduras a gran escala. Minería	Gobernador Gregores
2		P2) Sistemas de riego y generación (evaluar potencialidades de los Ríos Tarde / Oro).	Lago Posadas
3		P3) Utilización del Lago Buenos Aires para riego.	Los Antiguos
4	DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	SE1) Parques Eólicos	Río Gallegos y Tres Lagos
5		SE2) Suministro híbrido eléctrico	Lago Posadas
6		SE3) Alcance del SADI / Interconexión	Gobernador Gregores Puerto San Julián, Jaramillo/Fitz Roy (*)
7	DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Y TÉRMICO	SET1) Interconectado y Gasoducto	Perito Moreno
8		SET2) Diversificación Matriz Energética con Renovables / foco en Biodiversidad	Puerto Deseado
9		SET3) Desarrollo recursos energéticos alternativos	Las Heras
10		SET4) Aprovechamiento Eólico/Hidráulico	Cmte. Luis Piedrabuena
11		SET5) Desarrollo de la Energía Solar	Los Antiguos y Río Gallegos
12	DE INVERSIONES EN NUEVAS TECNOLOGÍAS	NT1) Proyectos / Exportación de Hidrógeno Verde	Puerto Deseado, Puerto San Julián, Río Turbio
13		NT2) Explotación de Energía Mareomotriz y Eólica – Punta Quilla	Puerto Santa Cruz
14		NT3) Planta de Hidrógeno y Parque eólico-reactivación	Pico Truncado
15		NT4) Energía Mareomotriz	Río Gallegos
16		NT5) Aprovechamiento de Metano/Biogas de Residuos	El Chaltén y Cmte. Luis Piedrabuena

muchos casos con la información reunida dado que se estableció en la documentación el nexo con cada una de las localidades, a través de referentes en cada aspecto del problema energético.

En el análisis se observó la necesidad de interacción y cooperación entre diversos actores gubernamentales y privados relacionados con la provisión de servicios de energía, para lograr la resolución de las problemáticas señaladas y la información obtenida en las reuniones. Finalmente, se manifestó un interés de las comunidades en avanzar con proyectos concretos que implementen la transición hacia formas de energía más limpias y sustentables. La mayoría de estos proyectos tiene un elevado costo inicial y en algunos casos requieren fuentes de financiamiento especial y la asignación de partidas presupuestarias a largo plazo para asegurar el mantenimiento efectivo de los sistemas resultantes.

## 7. CONCLUSIONES

El presente Estudio-Diagnóstico Etapa I ha permitido reunir información valiosa sobre aspectos energéticos de la provincia de Santa Cruz, identificando componentes actualizados de la matriz energética provincial (reservas y potenciales, flujos relacionados con la oferta y demanda de energía, comercio energético, restricciones o condicionantes de tipo ambiental y tecnológico). Esto se realizó relevando distintas fuentes de datos y utilizando sistemas de información geográfica (SIG) para construir su referencia espacial. Este aspecto técnico se plasmó a través de una aproximación a la metodología de los balances energéticos (que cuenta con una normativa nacional y formas especiales para las provincias), e incluyó el procesamiento y la preparación de los datos para su representación gráfica según estándares internacionales. Si bien se encontraron dificultades con algunas de las fuentes de datos, se logró presentar de acuerdo con los requerimientos del contrato una primera aproximación al Balance Energético Provincial.

Por otro lado, el Estudio buscó la identificación de problemáticas e ideas-proyecto que permitan, con su ejecución, introducir cambios y mejoras que contribuyan al bienestar de la población, sin dejar de lado los aspectos ambientales. En las instancias de interacción con las comunidades de la provincia, a través del recorrido realizado durante el Estudio, se pudieron generar espacios de aprendizaje sobre aspectos energéticos y posibles soluciones para lograr la optimización de los recursos.

## REFERENCIAS

- (INDEC, 2023) INDEC <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-165>
- (SPSE-Mem421726,2023) Servicios Públicos Sociedad del Estado, Memorando 421726/2023 – At. Ing Lorena Carrizo, Geia. Prov.de Planificación – Sub-Gerencia de Energía, 16/06/2023
- (IESC-SPEME,2023) Instituto de Energía Santa Cruz, Subgerencia de Planeamiento Estratégico y Mercado Eléctrico - Informe de Gestión – Abril 2023
- (CERE-Magallanes2050, 2015) <https://bit.ly/3SGXX56>
- (CERE-Mag2050-HdR, 2015) [https://energia.gov.cl/sites/default/files/hoja\\_de\\_ruta\\_energetica\\_magallanes\\_2050.pdf](https://energia.gov.cl/sites/default/files/hoja_de_ruta_energetica_magallanes_2050.pdf)
- (MetodologiaBEN, 2015) Balance Energético Nacional 2015, Documento Metodológico – Secr. de Energía de la Nación: [https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf](https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf)
- (DatosBE, 2022) Balances Energéticos - Secretaría de Energía. Subsecretaría de Planeamiento Energético: <http://datos.energia.gov.ar/dataset/balances-energeticos>
- (Eurostat,2023) Diagramas de Sankey para el balance de energía: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Sankey\\_diagrams\\_for\\_energy\\_balance&action=statexp-seat&lang=es](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Sankey_diagrams_for_energy_balance&action=statexp-seat&lang=es)
- (NotasBEP,2017) Ministerio de Energía y Minería (MINEM) Balances Energéticos Provinciales — Notas metodológicas y consolidación de la información. Disponible en [http://bit.ly/BEPS\\_ar](http://bit.ly/BEPS_ar)
- (SC-Recs, 2020) Recursos hidrocarburíferos Santa Cruz <https://www.santacruz.gov.ar/nuestros-recursos/recursos-hidrocarburiferos-de-santa-cruz>
- (SE-Hidrocarburos, 2023) Producción de hidrocarburos en Argentina - Ministerio de Economía <https://www.argentina.gov.ar/economia/energia/hidrocarburos>
- (IRAM11900,2014) Norma IRAM 11.900 “Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios”
- (Dutt y otros,1996) Dutt, Assaf, Bettinardi y Poblet, 1996. “Uso eficiente de la energía eléctrica, gas y agua en viviendas” Informe presentado para la Subsecretaría de Vivienda, Ministerio de Salud y Acción Social, Argentina 1996.
- (LeyGenDis27424,2018) Ley 27424 -Régimen De Fomento A La Generación Distribuida De Energía Renovable Integrada A La Red Eléctrica Pública <https://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305179/norma.htm>
- (ESENERG, 2006) [ESENERG, 2006] Tanides, C. et al “Análisis del potencial de Reducción de Emisiones de GEI em sector eléctrico argentino” ESENERG S.A. / FVSA/WWF y CAPSA (2006) <https://awsassets.panda.org/downloads/fvsapowerswitchstudyfullspanishreport.pdf>
- (EtiquetadoAR, 2023) Programa de etiquetado en eficiencia energética: <https://www.argentina.gov.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/etiquetado-en-eficiencia-energetica>
- (PERMER2,2020) <https://www.argentina.gov.ar/noticias/la-secretaria-de-energia-acordo-con-el-banco-mundial-la-extension-del-prestamo-para-el>
- (Ammonia Energy Association, 2022) <https://ammoniaenergy.org/articles/>
- (InformeProd-SC,2022) Informe Productivo Provincial -AÑO 7 - N° 41 - Noviembre 2022 -ISSN 2525-023X Ministerio de Economía AR: [https://www.argentina.gov.ar/sites/default/files/informe\\_productivo\\_santa\\_cruz\\_11.2022.pdf](https://www.argentina.gov.ar/sites/default/files/informe_productivo_santa_cruz_11.2022.pdf)