

MASTER UNIVERSITARIO

ENERGÍAS RENOVABLES

MÓDULO 10: TFM TRABAJO FINAL DE MÁSTER

UNIVERSIDAD EUROPEA DE CANARIAS

**REVOLUCIÓN ENERGÉTICA EN LOS CLUBES:
TRANSFORMANDO EL DEPORTE CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

TUTOR:

JOSÉ ANTONIO LA CAL HERRERA

GRUPO DE TRABAJO NRO. 5

ALUMNOS:

KELWIN HERRERA ASHCALLA

JUAN MORENA ANGUITA

ALDO MARCEL RIZO CASADIEGOS

FEDERICO SCALA

LUIS PABLO FORNI

Índice

0. RESUMEN/ABSTRACT/KEYWORDS	8
1. MEMORIA	10
1.1 Objeto	10
1.1.1 Resumen De Metodología	10
1.1.2 Resultados Esperados	10
1.1.3 Valor Agregado	11
1.2 Antecedentes	11
1.2.1 Justificación	12
1.3 Metodología A Emplear	12
1.3.1 Identificación De Los Consumos Y Necesidades Energéticas De Ambas Sedes	13
1.3.2 Identificación De Las Características De La Zona Y Recursos Disponibles	13
1.3.3 Propuesta De Sustitución Energética Por Fuentes Renovables	13
1.4 Emplazamiento	14
1.5 Titularidad	15
1.6 Descripción De La Instalación Del Club Deportivo	16
1.6.1 Sede 1	16
1.6.2 Sede 2	21
2 CÁLCULO DE LAS DEMANDAS DE ENERGÍA DE LAS INSTALACIONES y GASTO ECONÓMICO	25
2.1 Consumo Histórico y Actual	25
2.1.1 Energía Eléctrica Sede 1	25
2.1.2 Energía Eléctrica Sede 2	25
2.1.3 Energía Eléctrica Sede 1 2024-25	26
2.1.4 Energía Eléctrica Sede 2 2024-25	27
2.1.5 Energía Eléctrica Total 2024-25	28
2.1.6 Utilización De Gas	28
2.2 Discriminación De Consumos	29
2.2.1 Sede 1	29
2.2.2 Sede 2	30
2.2.3 Gastos Económicos Energía Consumida	31
3 CONDICIONES RECURSOS EN LA ZONA ESTUDIADA	33
3.1 Recurso Solar	33
3.1.1 PVGIS-ERA5	33
3.1.2 NREL-NSRDB	35

3.1.3	Comparativa Entre Ambas B.B.D.D.....	35
3.1.4	Datos	36
3.1.5	Análisis de datos.....	39
3.2	Recurso Eólico	41
3.2.1	Velocidad Media Del Viento.....	43
3.2.3	Rosa De Vientos	45
3.3	Biomasa	46
4	SOLUCIÓN PLANTEADA	51
4.1	Dimensionado Parte ACS - Sede 1.....	51
4.1.1	Cálculos Para Suplir La Demanda De ACS.....	51
4.1.2	Excedente De ACS Para Cubrir Calefacción.....	55
4.1.3	Dimensionamiento De Sistemas Auxiliares	56
4.2	Dimensionado Parte Acs - Sede 2	58
4.2.1	Cálculos para suplir la demanda de ACS.....	58
4.2.2	Excedente De ACS Para Cubrir Calefacción.....	59
4.2.3	Dimensionamiento De Sistemas Auxiliares De La Sede 2.....	59
4.3	Dimensionado Parte Biomasa	60
4.3.1	Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa (Calefacción, Piscina Y Acs Auxiliar Sede 1)	60
4.3.2	Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa Para La Piscina Y Acs Auxiliar De La Sede 1	61
4.3.3	Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa Para Las Canchas De La Sede 1	62
4.4	Cálculo De La Solución Demanda Eléctrica De Los Edificios Y Canchas.....	62
4.4.1	Dimensionamiento De La Superficie De Paneles Fotovoltaicos	62
4.4.2	Dimensionamiento Del Aerogenerador	68
4.4.2.1	Cálculo De La Energía Eólica Producida.....	69
4.5	Aporte De Las Fuentes Renovables	72
4.6	Descripción Del Circuito General Y Cálculo Económico	73
5	CONCLUSIONES	76
5.1	Conclusiones Técnicas.....	76
5.2	Conclusiones Generales	77
5.2.1	Impacto Social Y Educativo En La Comunidad.	77
5.2.2	Reinversión De Ahorros En Mejoras Del Club.	77
5.2.3	Modelo Replicable En Otros Contextos	78
5.2.4	Posibles Incentivos Y Apoyo Gubernamental.....	79
5.2.5	Fortalecimiento Del Modelo Comunitario Y La Economía Local.	79

6 ANEXOS.....	80
6.1 Consumos históricos.....	80
6.2 DETALLE RECURSOS DE LA ZONA.....	84
6.2.1 SOLAR	84
6.3 FICHAS TÉCNICAS	86
6.3.1 TERMOSOLAR.....	87
6.3.2 EÓLICO	88
6.3.3 BIOMASA.....	89
6.4 INFORMES DE PVSYST	91
7 Bibliografía	92
CONCLUSIONS	94
Technical Conclusions	94
General Conclusions	95
Social and Educational Impact on the Community	95
Reinvestment of Savings into Club Improvements	95
Replicable Model in Other Contexts.....	95
Potential Incentives and Government Support	96
Strengthening the Community Model and Local Economy	96

1. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Ubicación del proyecto	12
Ilustración 2.- Ubicación del proyecto (zoom X2)	13
Ilustración 3 y 4.- Ubicación del proyecto, Sede 1 y Sede 2	13
Ilustración 5.- Escudo del Club Atlético Independiente.	14
Ilustración 6.- Vista satelital y fachada Sede 1	15
Ilustración 8.- Vista satelital del restaurante de la sede 1	15
Ilustración 9.- Pista de Fútbol 5	16
Ilustración 10.- Piscina	16
Ilustración 11.- Detalle de la climatización de la piscina	17
Ilustración 12.- Ubicación de la cancha de Básquet	17
Ilustración 13.- Detalle de la cancha de Básquet y climatización	18
Ilustración 14.- Ubicación de la cancha de voleibol	18
Ilustración 15.- Detalle de la cancha de voleibol y climatización	19
Ilustración 16.- Detalle de SUM y Taekwondo	19
Ilustración 17.- Ubicación Sede 2 y disposición	20
Ilustración 18.- Oficina sede 2	20
Ilustración 19.- Cancha de Rugby	20
Ilustración 20.- Cancha de césped para Hockey	21

Ilustración 21.- Estadio Fútbol 11	21
Ilustración 22.- Cancha de entrenamiento de fútbol 11	22
Ilustración 23.- Pedanas de tiro al plato	22
Ilustración 24.- Cobertura de b.b.d.d. de radiación solar. (PVGIS, 2025)	31
Ilustración 25.- Datos de entrada en PVGIS (PVGIS-NREL, 2025)	31
Ilustración 26.- Ubicación de la locación (Global Wind Atlas, 2025)	40
Ilustración 27.- Rugosidad de la locación (Global Wind Atlas, 2025)	40
Ilustración 28.- Potencia media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	40
Ilustración 29.- Velocidad media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	41
Ilustración 30.- Ubicación del aerogenerador	44
Ilustración 31.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y zona de relevamiento de datos de la bibliografía empleada de referencia	44
Ilustración 32.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y localización de aserraderos	45
Ilustración 33.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y localización de las plantas elaboradoras de sidra	46
Ilustración 34.- Orientación estacional de los paneles. (PVSyst, 2025)	61
Ilustración 35.- Selección de Paneles e inversor para el diseño en software PVSyst. (PVSyst, 2025)	62
Ilustración 36.- Diagrama unifilar Sede 1 (PVSyst, 2025)	63
Ilustración 37.- Diagrama unifilar Sede 2 (PVSyst, 2025)	63
Ilustración 38.- Diagrama de pérdidas y energía producida Sede 1. (PVSyst, 2025)	65
Ilustración 39.- Diagrama de pérdidas y energía producida Sede 2. (PVSyst, 2025)	65
Ilustración 40.- Ubicación de las instalaciones fotovoltaicas en Sede 1 (abajo) y 2 (arriba) del club (PVSyst, 2025)	66
Ilustración 41.- Consumos eléctricos Sede 1, promedio del año típico	70
Ilustración 42.- Consumo de Gas Natural Sede 1, promedio del año típico	70
Ilustración 43.- Consumos eléctricos Sede 2, promedio del año típico	70
Ilustración 44.- Aportes de energías renovables (Sede 1)	72
Ilustración 45.- Aportes de energías renovables (Sede 2)	72
Ilustración 46.- Capacidades a ser entregadas según el nuevo diseño de Energías Renovables	73
Ilustración 47.- Consumos eléctricos Sede 1, mes típico de verano (febrero 2025)	81
Ilustración 48.- Consumos eléctricos Sede 1, mes típico de invierno (agosto 2024)	81
Ilustración 49.- Datos de entrada en PVGIS (PVGIS-ERA5, 2025)	82
Ilustración 50.- Datos de entrada en PVGIS (2) (PVGIS-ERA5, 2025)	82
Ilustración 51.- Datos de entrada en NREL-NSRDB (NSRDB, 2025)	84
Ilustración 52.- Vasos de expansión Bombas Hasa. (Bombas Hasa, 2025)	85
Ilustración 53.- Depósito ACS Suicalsa-2500 L. (Calentador económico, 2025)	85
Ilustración 54.- Colector solar termosifónico tipo Manifold de 25 tubos para sistemas de climatización o calefacción solar marca Hissuma	86
Ilustración 55.- Precio del aerogenerador seleccionado	86
Ilustración 56.- Dimensiones del aerogenerador seleccionado (valores en milímetros)	87
Ilustración 57.- Caldera de biomasa seleccionada y características	88
Ilustración 58.- Ficha técnica de la caldera de biomasa seleccionada	89

2. ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Coste promedio vs distribuidores (Unión Industrial Argentina)	10
Gráfico 2.- Consumo eléctrico Sede 1	23
Gráfico 3.- Consumo eléctrico Sede 2	23
Gráfico 4.- Consumo eléctrico Sede 1 – Año 2024/2025	24
Gráfico 5.- Consumo eléctrico Sede 2 – Año 2024/2025	25
Gráfico 6.- Consumo Gas Natural Sede 1 – Año 2024/2025	27
Gráfico 7.- Consumos energéticos Sede 1 – Año 2024/2025	27
Gráfico 8.- Consumo eléctrico Agua caliente para piscina climatizada Sede 1 – Año 2024/2025	28
Gráfico 9.- Consumos eléctricos Sede 1, discriminados por uso – Año 2024/2025	28
Gráfico 10.- Consumo eléctrico Sede 2, discriminados por uso – Año 2024/2025	29
Gráfico 11.- Evolución mensual de la irradiancia solar Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)	37
Gráfico 12.- Evolución mensual de la irradiancia solar Neuquén (2023) (PVGIS-NREL, 2025)	37
Gráfico 13.- Evolución mensual de la irradiancia solar Neuquén (2005-2023) (PVGIS, 2025)	38
Gráfico 14.- Comparativa de las bases de datos PVGIS-ERA5, NREL-NSRDB y PVSyst: Evolución mensual de la irradiancia solar Neuquén (PVGIS-ERA5, 2025) (NSRDB, 2025) (PVSyst, 2025)	38
Gráfico 15.- Comparativa de las bases de datos PVGIS-ERA5, NREL-NSRDB y PVSyst, Promedio anual de la irradiancia solar Neuquén (PVSyst, 2025) (NSRDB, 2025) (PVGIS-ERA5, 2025)	39
Gráfico 16.- Valores de velocidad media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	41
Gráfico 17.- Valores de velocidad del viento a lo largo de un día a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	42
Gráfico 18.- Valores de velocidad del viento interanual a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	42
Gráfico 19.- Mapa de calor de las velocidades de viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	43
Gráfico 20.- Rosa de vientos a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)	43
Gráfico 21.- Pérdida por rozamiento (mm.c.a.) para tubería de cobre para la sede 1 (diámetro interior en pulgadas) (Universidad Europea, 2025)	55
Gráfico 22.- Pérdida por rozamiento (mm.c.a.) para tubería de cobre para la sede 2 (diámetro interior en pulgadas) (Universidad Europea, 2025)	58
Gráfico 23.- Línea de horizonte – hora legal. (PVSyst, 2025)	62
Gráfico 24.- Producción normalizada por kWp instalado y ratio de rendimiento (a) Sede 1 (PVSyst, 2025)	63
Gráfico 25.- Producción normalizada por kWp instalado y ratio de rendimiento (b) Sede 2 (PVSyst, 2025)	63
Gráfico 26.- Energía producida anual vs Percentiles	68
Gráfico 27.- Potencia del aerogenerador Savonius en función de la velocidad	69

3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Datos del titular del club deportivo	14
Tabla 2.- Consumo eléctrico Sede 1 - Año 2024/2025	24
Tabla 3.- Consumo eléctrico Sede 2 - Año 2024/2025	25
Tabla 4.- Resumen consumo eléctrico ambas sedes - Año 2024/2025	26
Tabla 5.- Consumo Gas Natural Sede 1 - Año 2024/2025	26

Tabla 6.- Consumos energéticos Sede 1 - Año 2024/2025	27
Tabla 7.- Consumo eléctrico Sede 2, discriminado por uso - Año 2024/2025	28
Tabla 8.- Coste en dólares del consumo eléctrico de ambas sedes - Año 2024/2025	29
Tabla 9.- Coste en dólares del consumo de Gas Natural de la sede 1- Año 2024/2025	30
Tabla 10.- Comparativa de radiación entre NREL y ERA5	34
Tabla 11.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)	36
Tabla 12.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2023) (NSRDB, 2025)	36
Tabla 13.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2005-2023) (PVSyst, 2025)	36
Tabla 14.- Resultados de laboratorio de fuentes de biomasa (tabla 9 de bibliografía)	47
Tabla 15.- Obtención del número de personas y su consumo de ACS para la Sede	149
Tabla 16.- Estimación de la temperatura de agua de red para la ubicación 1 (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)	50
Tabla 17.- Consumo mensual de Agua caliente a 45 °C	50
Tabla 18.- Estimación de la superficie colectora	51
Tabla 19.- Estimación de la intensidad radiante	52
Tabla 20.- Estimación de la necesidad mensual de energía	52
Tabla 21.- Estimación de la superficie colectora necesaria	53
Tabla 22.- Estimación de la energía auxiliar necesaria, ACS Sede 1	53
Tabla 23.- Cálculo de la superficie de intercambio	54
Tabla 24.- Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación	54
Tabla 25.- Cálculo del vaso de expansión y del volumen nominal del circuito	55
Tabla 26.- Obtención del número de personas y su consumo de ACS para la sede	256
Tabla 27.- Estimación de la energía auxiliar necesaria – Sede 2	57
Tabla 28.- Dimensionamiento caldera de biomasa para ACS y piscina de la sede 1	59
Tabla 29.- Dimensionamiento caldera de biomasa para las canchas de la sede 1	60
Tabla 30.- Consumos eléctricos del club	61
Tabla 31.- Tabla resumen de la producción del parque solar Sede 1. (PVSyst, 2025)	64
Tabla 32.- Tabla resumen de la producción del parque solar Sede 2. (PVSyst, 2025)	64
Tabla 33.- Datos de Energía generada anual vs Percentiles (Global Wind Atlas)	67
Tabla 34.- Comparativa de aerogeneradores comerciales	68
Tabla 35.- Modelos de aerogenerador Savonius de la marca R&X Energy (R&X Energy, 2025)	69
Tabla 36.- Histórico consumo eléctrico Sede 1	78
Tabla 37.- Histórico consumo Sede 2	79
Tabla 38.- Datos (sin procesar) de irradiación solar en Neuquén (2023). (PVGIS-ERA5, 2025)	83
Tabla 39.- Extracto de archivo CVS (sin procesar) de irradiación solar en Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)	83
Tabla 40.- Datos agrupados mensualmente de irradiación solar en Neuquén (2023) (NSRDB, 2025)	84
Tabla 41.- Tabla de conversión para escoger caldera de biomasa	87

0. RESUMEN

En un contexto global marcado por la necesidad urgente de transitar hacia modelos energéticos sostenibles, el presente Trabajo Final de Máster (TFM) propone una solución concreta y replicable para abordar los desafíos energéticos que enfrentan los clubes barriales. Estas instituciones, pilares fundamentales en el desarrollo deportivo, social y educativo de las comunidades, se ven cada vez más comprometidas por el creciente costo de la energía y su elevada dependencia de la red eléctrica convencional. Este proyecto se enfoca en evaluar, diseñar e implementar una propuesta integral basada en fuentes renovables, con el objetivo de reducir dicha dependencia, mejorar la eficiencia energética y garantizar la sostenibilidad operativa de los clubes a largo plazo.

La metodología adoptada contempla un análisis técnico-económico de las principales fuentes de energía renovable —solar fotovoltaica, solar térmica, biomasa y energía eólica— considerando su viabilidad en función de los recursos disponibles en la zona del club seleccionado, ubicado en Neuquén, Patagonia Argentina. A través del estudio detallado de las necesidades energéticas específicas (agua caliente sanitaria, climatización, iluminación, consumo eléctrico general), se formula una propuesta de sustitución energética que contempla sistemas termosolares, calderas a biomasa, paneles solares fotovoltaicos y mini generadores eólicos, integrados de manera estratégica para maximizar su rendimiento y minimizar la dependencia de la red.

Los resultados esperados incluyen una significativa reducción en los costos energéticos, una mayor autonomía energética y una drástica disminución de la huella de carbono del club. Además, se desarrolla un modelo energético flexible y escalable, que puede ser adaptado a clubes de distintas regiones y países, contribuyendo así a la difusión de tecnologías limpias en el sector deportivo. La implementación de este tipo de soluciones no solo fortalece la viabilidad económica de las instituciones, sino que también genera un impacto positivo en la comunidad, promoviendo una cultura de sostenibilidad entre los jóvenes y fomentando la educación ambiental a través del ejemplo.

Este trabajo demuestra que es posible conjugar eficiencia técnica, impacto ambiental positivo y beneficio social en una única solución energética, posicionando a los clubes como actores estratégicos en la transición energética. A su vez, se destaca la importancia del respaldo gubernamental y de políticas públicas que impulsen este tipo de iniciativas, facilitando su financiamiento y consolidando su impacto a gran escala. En definitiva, este proyecto representa un aporte concreto al desarrollo sostenible del sector deportivo comunitario, con potencial de multiplicarse en todo el mundo.

KEYWORDS:

Energías renovables

Clubes barriales

Sostenibilidad energética

Autonomía energética

Transición energética comunitaria

ABSTRACT

In a global context increasingly defined by the urgent need to transition towards sustainable energy models, this Master's Thesis proposes a concrete and replicable solution to address the energy challenges faced by community sports clubs. These institutions, which play a fundamental role in social, educational, and athletic development, are under growing pressure due to rising energy costs and their heavy reliance on conventional power grids. This project focuses on evaluating, designing, and implementing a comprehensive energy solution based on renewable sources, with the aim of reducing this dependency, improving energy efficiency, and ensuring long-term operational sustainability.

The methodology includes a detailed technical and economic analysis of key renewable energy technologies—solar photovoltaic, solar thermal, biomass, and wind power—assessing their feasibility according to the local resources available in the chosen case study: a club located in Neuquén, in the Patagonian region of Argentina. Through a comprehensive study of the club's specific energy demands (domestic hot water, heating and cooling, lighting, and general electricity use), the project outlines an energy substitution strategy incorporating solar thermal systems, biomass boilers, photovoltaic panels, and small-scale wind turbines, designed to work in synergy to optimize performance and minimize reliance on the grid.

Expected outcomes include a significant reduction in energy costs, increased energy autonomy, and a marked decrease in the club's carbon footprint. Furthermore, the development of a flexible and scalable energy model makes this approach adaptable to clubs in different regions and countries, thus contributing to the broader adoption of clean energy technologies within the sports sector. By implementing such solutions, clubs can not only strengthen their economic sustainability but also have a positive impact on their communities—promoting environmental awareness among youth and setting a real-life example of sustainable practices.

This project proves that it is possible to combine technical efficiency, environmental benefits, and social value into a single energy solution, positioning community clubs as strategic actors in the energy transition. It also underscores the relevance of public support and policy frameworks that incentivize this type of initiative through subsidies or fiscal mechanisms. Ultimately, this work offers a concrete contribution to the sustainable development of community sports institutions, with the potential to scale its impact globally.

KEYWORDS:

Renewable energy
Community sports clubs
Energy sustainability
Energy autonomy
Community energy transition

1. MEMORIA

1.1 Objeto

Este proyecto tiene como objetivo principal evaluar y seleccionar la mejor combinación de energías renovables para asegurar la mejora energética de los clubes. Las soluciones propuestas no solo se centran en reducir los costos, sino en soluciones innovadoras y sostenibles que les permita reducir su dependencia de la red eléctrica convencional y garantizar su operatividad a largo plazo.

1.1.1 Resumen De Metodología

A través de un análisis técnico, se analizarán las tecnologías renovables más adecuadas para satisfacer las necesidades energéticas de un club en función de sus recursos locales, como la energía solar fotovoltaica, la energía eólica, la biomasa y la energía solar térmica. El club seguirá conectado a la red eléctrica, lo que garantiza un respaldo constante, pero se buscará reducir al máximo el consumo de energía convencional.

Este enfoque flexible no solo permitirá encontrar la solución más adecuada para la institución tipo elegida, sino que también proporcionará un modelo replicable que podrá adaptarse a diferentes contextos, zonas, países y condiciones de otros clubes, ampliando el impacto de este proyecto a nivel global.

El trabajo incluye los cálculos técnicos y el análisis económico de este club en particular, emplazado en una zona real, de manera de mostrar de manera práctica el objetivo buscado.

1.1.2 Resultados Esperados

Se espera que, a través de la implementación de soluciones energéticas renovables, el club logre los siguientes resultados:

Reducción de los costos energéticos: mediante la optimización del uso de energías renovables, la institución podrá reducir significativamente su factura eléctrica, liberando recursos que podrán ser invertidos en el mantenimiento de sus instalaciones y en la formación deportiva.

Independencia parcial de la red eléctrica: si bien el centro deportivo seguirá conectado a la red, las energías renovables ayudarán a disminuir la dependencia de la electricidad convencional, garantizando mayor estabilidad y resiliencia frente a fluctuaciones de precios.

Impacto ambiental positivo: el club contribuirá a la disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero, lo que será un paso hacia un modelo energético más sostenible.

Modelo replicable y adaptable: este proyecto generará un modelo energético que podrá ser implementado en cualquier club barrial, adaptándose a las particularidades de cada región y mejorando la viabilidad económica y operativa de estos clubes a largo plazo.

1.1.3 Valor Agregado

Este proyecto no solo busca optimizar los recursos energéticos de los clubes barriales, sino que también tiene un fuerte componente social y ambiental. Al reducir los costos operativos de los clubes, se incrementa la capacidad de estas instituciones para invertir en sus programas deportivos y en la mejora de sus instalaciones, lo que beneficia directamente a los niños y jóvenes que participan en sus actividades. Además, el uso de energías renovables en el sector deportivo promueve un cambio cultural hacia la sostenibilidad, mostrando cómo las soluciones tecnológicas pueden aplicarse a entornos de alto consumo energético, como lo son los clubes.

A través de la implementación de este proyecto, se contribuirá al fortalecimiento de los clubes como pilares sociales y deportivos, asegurando que sigan cumpliendo su rol en la comunidad y ofreciendo un futuro sostenible tanto para las instituciones como para los jóvenes que forman parte de ellas. La replicabilidad de este modelo permitirá que más clubes a nivel global puedan beneficiarse de estas soluciones, ampliando el impacto de este trabajo y favoreciendo la adopción de energías renovables en el sector deportivo.

1.2 Antecedentes

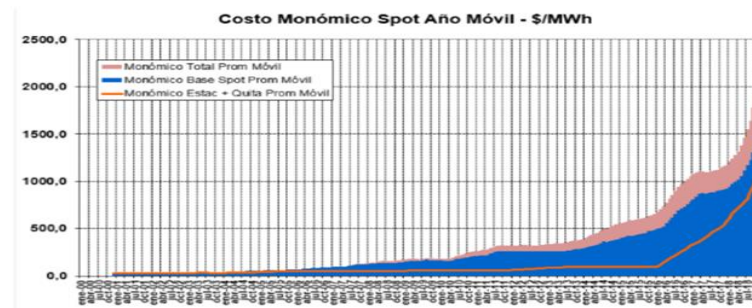
Los clubes desempeñan un papel fundamental en la sociedad, proporcionando un espacio de integración, desarrollo deportivo y formación de valores para niños y jóvenes. Estos centros cumplen una función social invaluable, ofreciendo a niños y jóvenes un entorno seguro y estructurado donde pueden desarrollar habilidades deportivas, fomentar la disciplina y alejarse de situaciones de vulnerabilidad. A lo largo de la historia, han sido semillero de numerosos atletas profesionales y figuras reconocidas, demostrando su relevancia en la formación del talento deportivo.

Sin embargo, la falta de recursos podría llevar al cierre de muchas de estas instituciones, afectando no solo a sus miembros sino también al tejido social de sus comunidades. Estos establecimientos, generalmente sin fines de lucro, dependen de los aportes de sus socios y subsidios limitados para sostener sus actividades. No obstante, el incremento sostenido en los costos de la energía representa una amenaza significativa para su viabilidad, obligándolos a destinar gran parte de sus recursos a la cobertura de facturas eléctricas en lugar de invertir en el mantenimiento de sus instalaciones y en el fortalecimiento de sus programas deportivos.

Las crisis energéticas y el alza en los precios de la electricidad afectan especialmente a organizaciones con un alto consumo energético, como los clubes deportivos, que requieren

iluminación para sus campos de juego, calefacción y climatización para espacios cerrados, agua caliente para vestuarios y piscinas, entre otros servicios esenciales.

El gráfico compara los costos promedio año móvil; monómico total y costos Spot Base; vs. precio a distribuidores (línea naranja)



1.2.1 Justificación

Ante la problemática planteada, la implementación de energías renovables representa una alternativa viable y estratégica para garantizar la sostenibilidad económica y operativa de los clubes. Al mismo tiempo, la transición hacia fuentes limpias de energía contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad y mitigación del cambio climático. Cabe destacar además la gran visibilidad y concienciación que este cambio energético puede generar en la sociedad, resultado de la fuerte presencia de estos clubes en los barrios que son parte de la educación formativa de jóvenes deportistas.

La convergencia entre deporte, sostenibilidad y eficiencia energética abre la puerta a un nuevo paradigma en la gestión de los clubes. Implementar soluciones innovadoras en este sector no solo preservará su función social, sino que también impulsará la adopción de energías renovables como un estándar en instalaciones deportivas a nivel global.

1.3 Metodología A Emplear

Recordando que el presente trabajo tiene como objetivo proporcionar una solución energética basada en energías renovables para un club, sustituyendo las fuentes energéticas actuales por alternativas sostenibles y económicamente viables. El proceso se desarrollará en varias etapas, las cuales se describen a continuación:

1.3.1 Identificación De Los Consumos Y Necesidades Energéticas De Ambas Sedes

En esta fase se procederá a realizar un análisis detallado de los consumos energéticos de las instalaciones del club. Esto incluirá la evaluación de las necesidades energéticas para:

Agua Caliente Sanitaria (ACS): Determinación de la cantidad de energía requerida para el suministro de agua caliente en las instalaciones.

Climatización (Calefacción y Refrigeración): Análisis de los sistemas de calefacción y refrigeración necesarios para mantener una temperatura confortable en las instalaciones durante todo el año.

Piscina Climatizada: Estimación de la energía necesaria para mantener la piscina a una temperatura adecuada en las diferentes estaciones del año.

Energía Eléctrica: Estudio del consumo de electricidad en general, incluyendo iluminación, sistemas de ventilación, electrodomésticos, y equipos electrónicos.

1.3.2 Identificación De Las Características De La Zona Y Recursos Disponibles

La siguiente fase consiste en el estudio de las características de los recursos energéticos disponibles en la zona donde se ubica el club barrial. Entre los aspectos a considerar se incluyen:

Recursos solares: Evaluación de la irradiación solar disponible durante el año para la posible implementación de sistemas fotovoltaicos o térmicos.

Recursos eólicos: Estudio de la intensidad y frecuencia del viento para la instalación de aerogeneradores.

Recursos de biomasa: Identificación de la disponibilidad de biomasa local para la implementación de sistemas de generación energética mediante combustión o procesos térmicos.

1.3.3 Propuesta De Sustitución Energética Por Fuentes Renovables

Con base en el análisis de los consumos energéticos y los recursos disponibles, se procederá a desarrollar una propuesta para la sustitución de la energía convencional utilizada actualmente en el club (que proviene de gas natural de red y de electricidad de origen fósil) por fuentes de energía renovable. Esta propuesta buscará la mejor ecuación, garantizando la eficiencia, reducción de costos y menor impacto ambiental. Entre las opciones evaluadas, se contemplarán las siguientes soluciones:

Instalación de sistemas termo solares para ACS y climatización de piscina: Estos sistemas aprovecharán la radiación solar para generar agua caliente sanitaria y para calentar la piscina, reduciendo la necesidad de utilizar gas natural y electricidad.

Implementación de biomasa para calefacción: Utilización de calderas a biomasa para la generación de calor, sustituyendo los sistemas de calefacción basados en gas natural.

Instalación de paneles solares fotovoltaicos y su combinación con energía eólica: Se evaluará la viabilidad de instalar sistemas fotovoltaicos para cubrir el consumo eléctrico de las instalaciones del club. Además, se analizará la posibilidad de combinar la energía solar con la eólica, si las condiciones climáticas lo permiten, para aumentar la producción energética y garantizar un suministro más estable y constante.

1.4 Emplazamiento

El club tomado como referencia se encuentra en Argentina, en la región Patagónica, en la provincia de Neuquén, sus instalaciones corresponden a un club de los llamados barriales, con su sede en la Ciudad Capital del mismo nombre de la provincia (Neuquén).

Es una sociedad sin fines de lucro que, si bien posee equipos que participan en las ligas profesionales de Basquetbol y de Fútbol, está claramente orientado a la formación de niños y jóvenes.

Cuenta entre sus disciplinas principales, en todas ellas federadas y de práctica activa en las ligas nacionales, zonales y locales con:

Fútbol, Basquetbol, natación, Voleibol, Handball, Rugby, Hockey sobre césped, Taekwondo, Tenis y Tiro al Blanco.

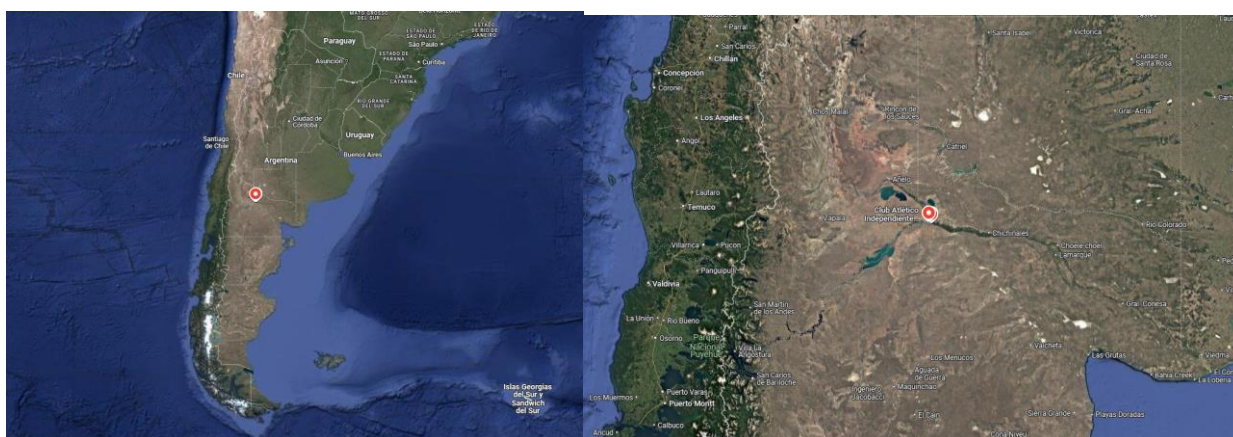


Ilustración 1.- Ubicación del proyecto

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

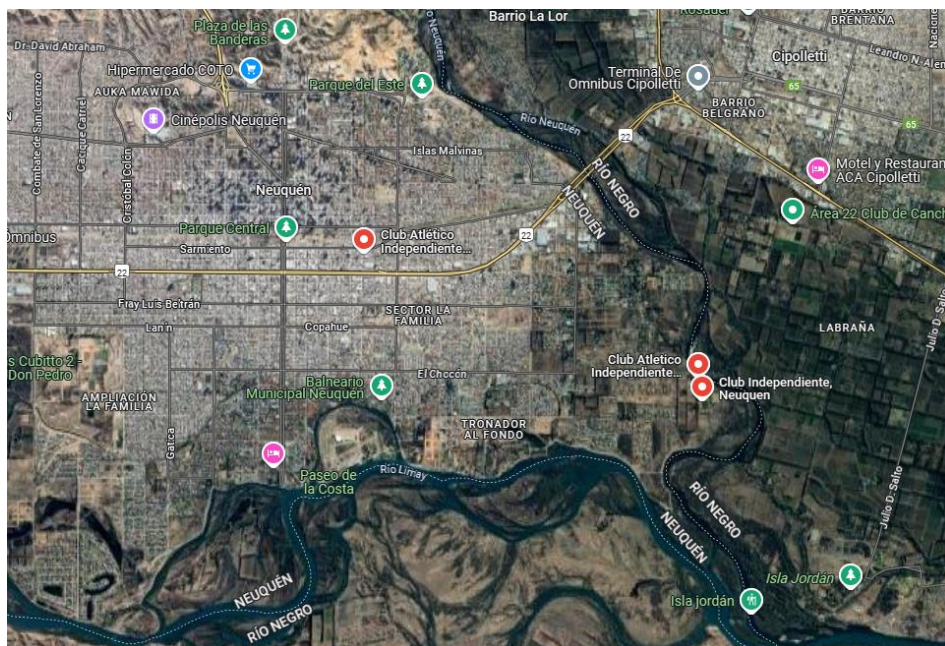


Ilustración 2.- Ubicación del proyecto (zoom X2)

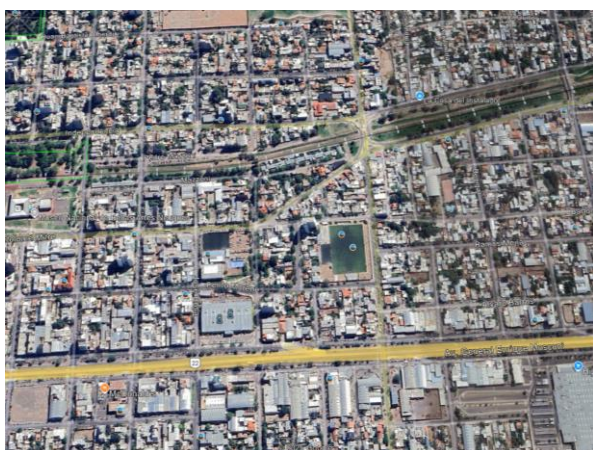


Ilustración 3 y 4.- Ubicación del proyecto, Sede 1 y Sede 2

1.5 Titularidad

La titularidad del proyecto de integración de Energías Renovables recae directamente sobre el club Atlético Independiente de Neuquén, Neuquén Capital, Argentina datos que se recogen en la siguiente tabla resumen:

Tabla 1.- Datos del titular del club deportivo

Razón social	Club Atlético Independiente de Neuquén
CIF	Q-2817005H
Forma jurídica	Entidad social sin fines de lucro
Sector	Deportivo
Actividad	Educación Deportiva de Niños y Jóvenes – Equipos Profesionales
Dirección	Jose Rosa Y Perito Moreno- Neuquén Capital Argentina
Teléfono	54 299 442 - 6615
Web	www.clubindependientenqn.com.ar

1.6 Descripción De La Instalación Del Club Deportivo

*Ilustración 4.- Escudo del Club Atlético Independiente.*

La institución cuenta con 2 sedes, una emplazada en el casco urbano de la ciudad (llamada sede 1 de ahora en adelante), y la segunda en una zona de chacras cercana al río que se identificará como sede 2. Ambas con sus vestuarios, instalaciones sanitarias y particularidades que se irán desarrollando durante el trabajo.

1.6.1 Sede 1

La sede 1 consta de:

- Oficina central y sede de la presidencia.
- Restaurante (cantina del club)
- Canchas de Fútbol 5
- Piscina
- Estadio techado de Basquetbol
- Estadio Techado de Voleibol
- SUM salón de usos múltiples, utilizado también para la práctica de Artes Marciales.

1.6.1.1 Sede Central



Ilustración 5.- Vista satelital y fachada Sede 1

- Ubicación: -38.958103° | -68.047114°

1.6.1.2 Oficinas Y Restaurante/Cantina



Ilustración 6.- Vista satelital del restaurante de la sede 1

- Tamaño Edificio: 27m por 15m (3m de altura, un solo piso).
- Oficinas (4 personas habitualmente).
- Baños (uso personal de 3m por 3m).
- Aires acondicionados frío calor (1 por oficina).
- Restaurante de 10 mesas por 4 comensales cada una, con 2 baños (ídem a los de la oficina) sin duchas para sanitarios restaurante.
- 2 aires acondicionados frío/calor de 5000 frigorías cada uno.
- Cocina con cocina de gas, 6 hornallas, industrial.

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

1.6.1.3 Canchas De Fútbol 5

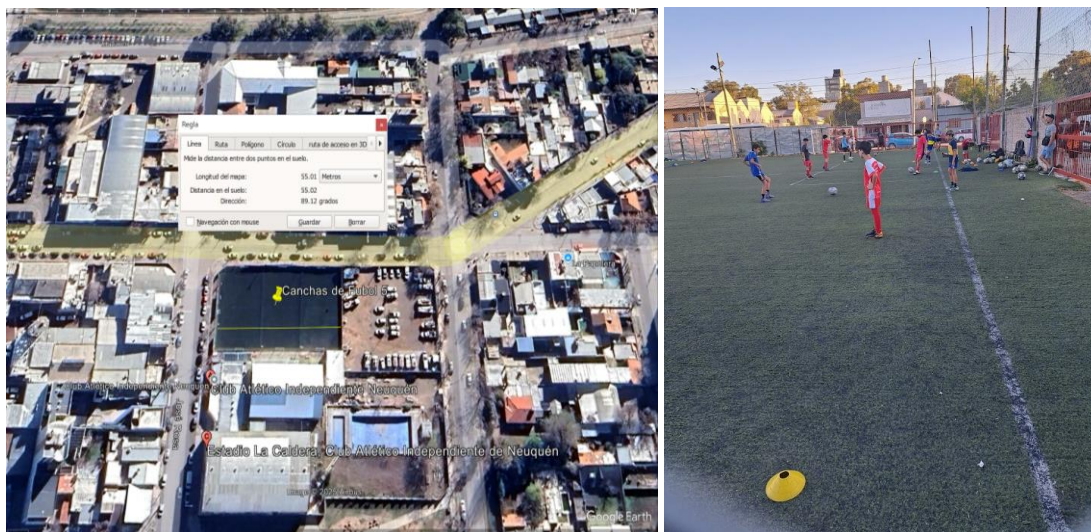


Ilustración 7.- Pista de Fútbol 5

1.6.1.4 Piscina



Ilustración 8.- Piscina

- Piscina principal 25m por 12m (promedio profundidad 1,80m)
- Piscina Niños 12m por 5m (profundidad 0,5 m)

1.6.1.5 Climatización de la piscina



Ilustración 9.- Detalle de la climatización de la piscina

1.6.1.6 Estadio Basquetbol Y Gimnasio

- 45m por 30m con 8m de altura.
- Cancha de basquetbol con tribuna para 3000 personas.
- Calefacción caldera a gas y encendido eléctrico.
- Vestuarios (local y visitante), de 6m por 4m cada uno, con 2,5m de altura, con baños y 3 duchas para jugadores.
- 1 vestuario con baño para árbitros de 2m por 3m.
- 1 gimnasio de pesas para 10 personas de 10m por 4m.
- Baños grandes sin ducha solo sanitarios para espectadores de 5m por 5m.



Ilustración 10.- Ubicación de la cancha de Básquet



Ilustración 11.- Detalle de la cancha de Básquet y climatización

1.6.1.7 Estadio Voleibol

- 30m por 20m con 8m de altura.
- Cancha de voleibol con tribuna para 300 personas.
- Calefacción Caldera a gas y encendido eléctrico.
- Vestuarios (local y visitante), de 4m por 3m cada uno, de 2,5m de altura, con baños sin duchas.



Ilustración 12.- Ubicación de la cancha de voleibol

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

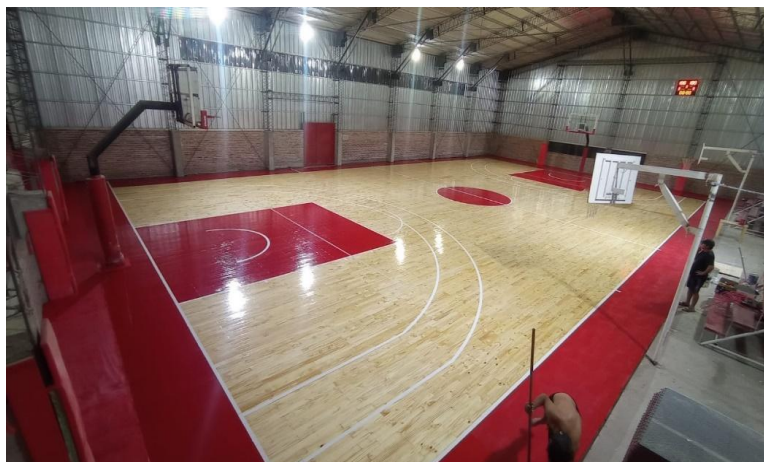


Ilustración 13.- Detalle de la cancha de voleibol y climatización

SUM – Salón de Usos Múltiples – Taekwondo

- 18m por 8m y 3m de altura.
- 1 solo baño solo sanitario, con aire de frio/calor de 2500 frigorías.



Ilustración 14.- Detalle de SUM y Taekwondo

1.6.2 Sede 2

Consta de:

- Oficina de recepción.
- Cancha de Rugby.
- Cancha de césped sintético de Hockey.
- Estadio Fútbol 11.
- Cancha entrenamiento Fútbol 11.
- Pedanas de Tiro al Plato.
- Ubicación: -38.969655° -68.008057°.



Ilustración 15.- Ubicación Sede 2 y disposición

1.6.2.1 Oficina Recepción

- 5m por 5m y 3m de altura.
- 1 aire frío/calor 2500 frigorías, con un baño único, sin duchas.



Ilustración 16.- Oficina sede 2

1.6.2.2 Cancha De Rugby

- 110m por 60m.



Ilustración 17.- Cancha de Rugby

1.6.2.3 Cancha De Césped Sintético Para Hockey

- 100m por 60m.
- 2 baños grandes sin ducha solo sanitarios para espectadores de 5m por 5m.



Ilustración 18.- Cancha de césped para Hockey

1.6.2.4 Estadio Fútbol 11

- 120m por 70m.
- Vestuarios (local y visitante), de 6m por 4m cada uno, de 2,5m de altura, con baños y 3 duchas para jugadores.
- 1 vestuario con baño para árbitros de 2m por 3m.
- 2 baños grandes sin ducha solo sanitarios para espectadores de 5m por 5m.



Ilustración 19.- Estadio Fútbol 11

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

1.6.2.5 Cancha De Futbol 11 – Entrenamiento

- 90m por 65m



Ilustración 20.- Cancha de entrenamiento de fútbol 11

1.6.2.6 Pedanas Tiro Al Plato

- 190m por 70m.



Ilustración 21.- Pedanas de tiro al plato

2 CÁLCULO DE LAS DEMANDAS DE ENERGÍA DE LAS INSTALACIONES y GASTO ECONÓMICO

2.1 Consumo Histórico y Actual

2.1.1 Energía Eléctrica Sede 1

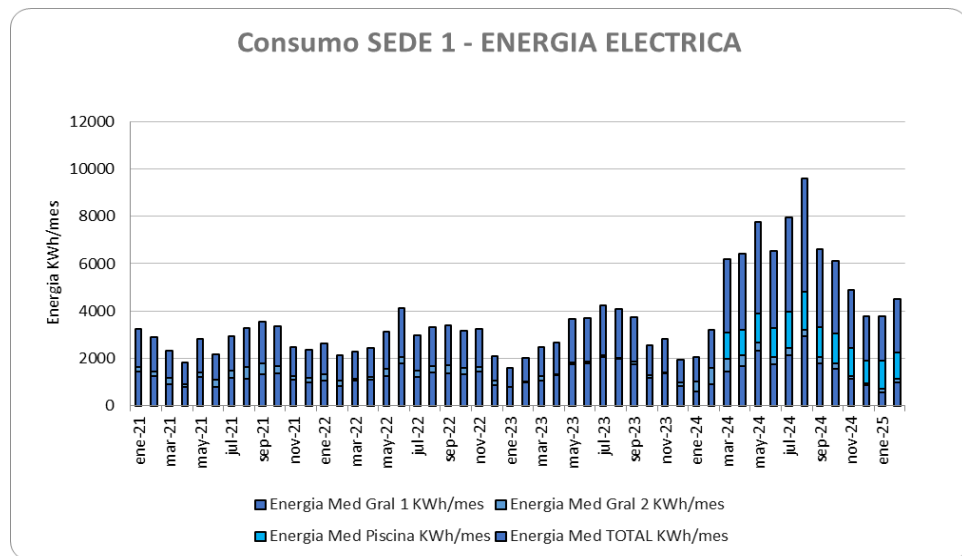


Gráfico 2.- Consumo eléctrico Sede 1

2.1.2 Energía Eléctrica Sede 2

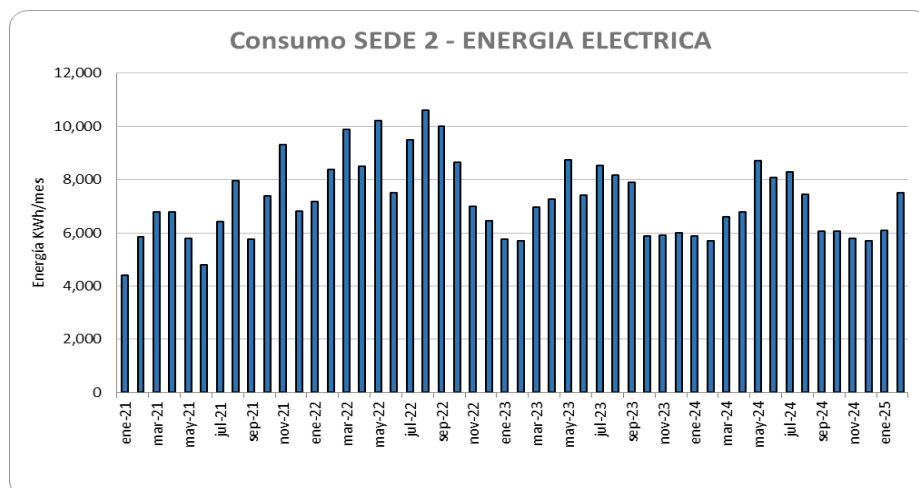


Gráfico 3.- Consumo eléctrico Sede 2

2.1.3 Energía Eléctrica Sede 1 2024-25

Tabla 2.- Consumo eléctrico Sede 1 - Año 2024/2025

Periodo	Energía Med Gral 1	Energía Med Gral 2	Energía Med Piscina	Energía Med TOTAL
	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
mar-24	1426	548	1116	3090
abr-24	1682	435	1094	3211
may-24	2336	310	1238	3884
jun-24	1738	319	1205	3262
jul-24	2144	303	1522	3969
ago-24	2916	294	1594	4804
sep-24	1772	274	1255	3301
oct-24	1554	217	1282	3053
nov-24	1120	138	1192	2450
dic-24	865	78	949	1892
ene-25	544	155	1194	1893
feb-25	983	135	1135	2253

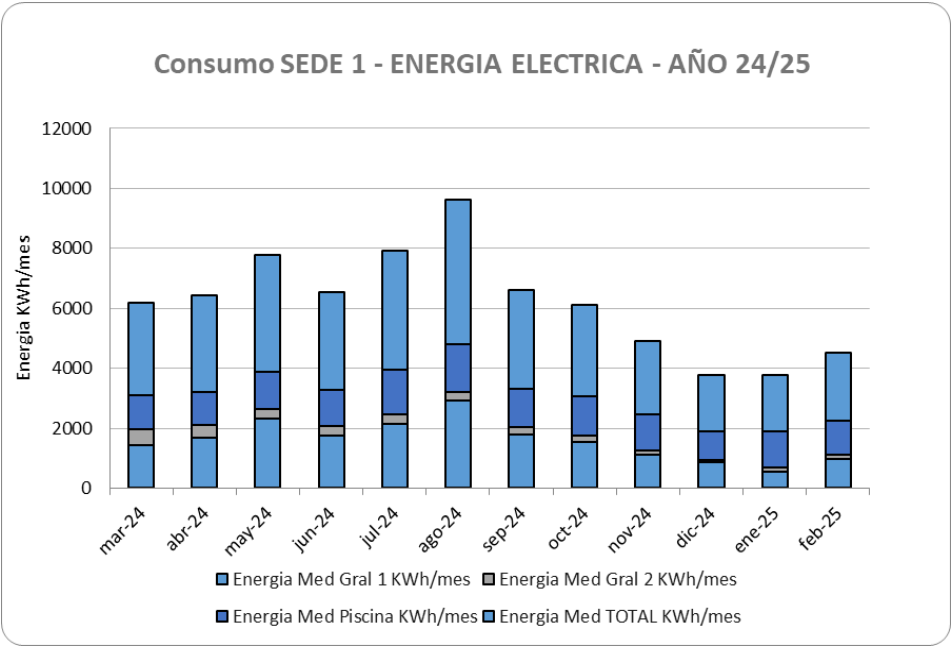


Gráfico 4.- Consumo eléctrico Sede 1 – Año 2024/2025

2.1.4 Energía Eléctrica Sede 2 2024-25

Tabla 3.- Consumo eléctrico Sede 2 - Año 2024/2025

Periodo	Energía
	kWh/mes
mar-24	6605
abr-24	6785
may-24	8709
jun-24	8070
jul-24	8280
ago-24	7453
sep-24	6058
oct-24	6050
nov-24	5804
dic-24	5715
ene-25	6096
feb-25	7503

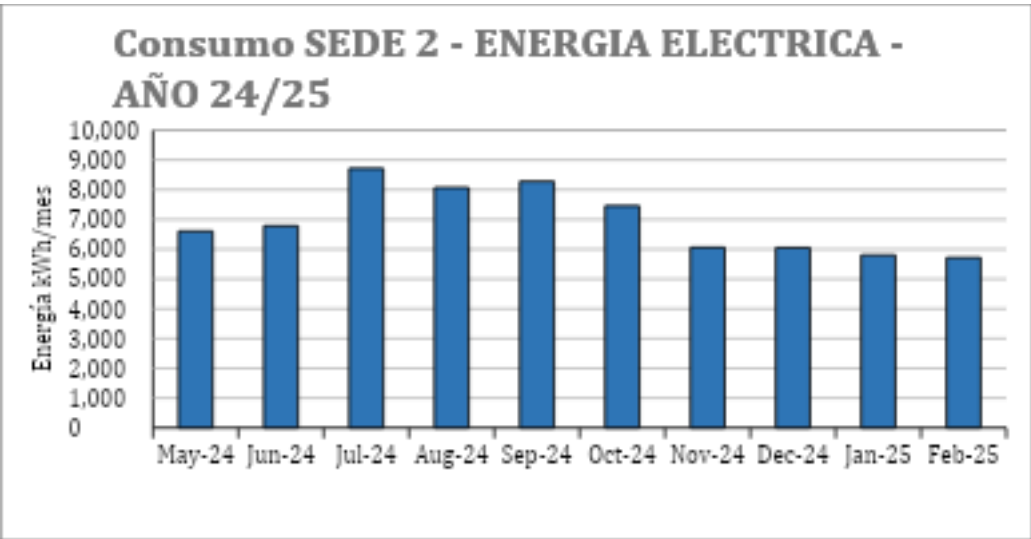


Gráfico 5.- Consumo eléctrico Sede 2 – Año 2024/2025

2.1.5 Energía Eléctrica Total 2024-25

Tabla 4.- Resumen consumo eléctrico ambas sedes - Año 2024/2025

Periodo	Energía Sede 2	Energía Sede 1	Energía Total
	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
mar-24	6605	3090	9695
abr-24	6785	3211	9996
may-24	8709	3884	12594
jun-24	8070	3262	11332
jul-24	8280	3969	12249
ago-24	7453	4804	12256
sep-24	6058	3301	9359
oct-24	6050	3053	9103
nov-24	5804	2450	8254
dic-24	5715	1892	7608
ene-25	6096	1893	7989
feb-25	7503	2253	9755

2.1.6 Utilización De Gas¹

Tabla 5.- Consumo Gas Natural Sede 1 - Año 2024/2025

Institución: CLUB ATLETICO INDEPENDIENTE (SEDE 1) **Dirección:** JOSÉ ROSA Y PTO. MORENO
Nº

SGP2 – GAS NATURAL DE RED

Cliente: 3852

Periodo	Energía Piscina	Energía 2 Calderas (Basquet/Volley)	Energía TOTAL 3 Calderas
	m³/mes	m³/mes	m³/mes
mar-24	4755	3170	7925
abr-24	7213	7213	14426
may-24	11095	22190	33285
jun-24	9924	19848	29772
jul-24	11572	23144	34716
ago-24	14502	29004	43506
sep-24	7148	7148	14296
oct-24	7348	4899	12247
nov-24	6768	3384	10151
dic-24	2362	0	2362
ene-25	3450	0	3450
feb-25	3097	0	3097

¹ SOLO SEDE 1, SEDE 2 consumo total eléctrico

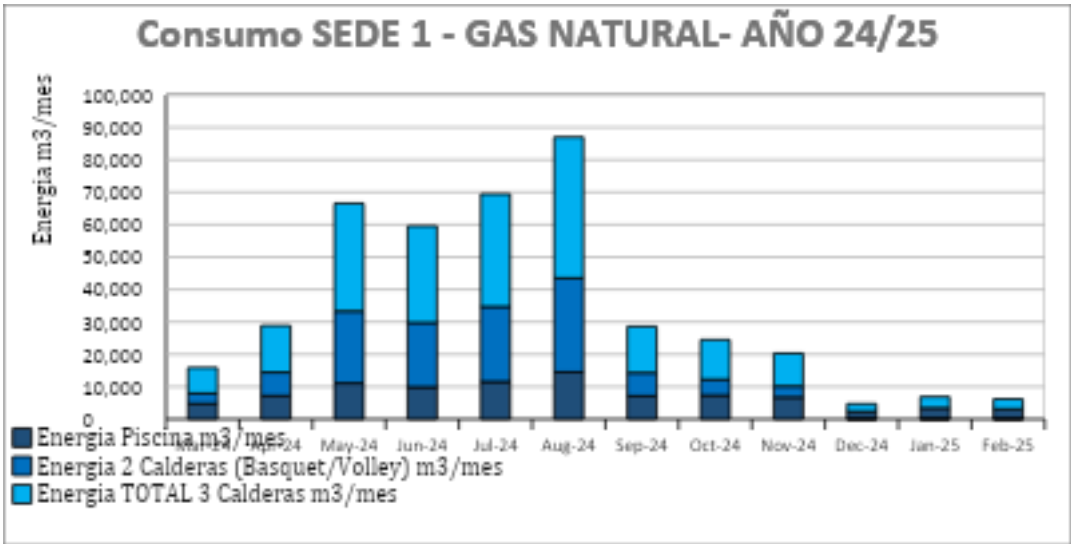


Gráfico 6.- Consumo Gas Natural Sede 1 – Año 2024/2025

2.2 Discriminación De Consumos

2.2.1 Sede 1

2.2.1.1 Demandas De Energía Eléctrica Por Uso

Tabla 6.- Consumos energéticos Sede 1 - Año 2024/2025

Periodo	CALEFACCION		AGUA CALIENTE PISCINA	ILUMINACION / AIRES ACONDICIONADOS Y OTROS				Energía TOTAL
	CALEF 2 Calderas (Basquet/Volley)	CALEF. Caldera Piscina	AGUA Caldera Piscina	Canchas de Futbol	Canchas de Basquet y Volley	Piscina	Oficinas / Restaurant /SUM	
	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	
mar-24	490	245	593	365	936	278	183	3090
abr-24	642	321	612	290	1040	161	145	3211
may-24	1036	518	564	207	1300	156	103	3884
jun-24	1020	510	521	213	718	174	106	3262
jul-24	1166	583	738	202	978	201	101	3969
ago-24	1300	650	730	196	1616	214	98	4804
sep-24	772	386	642	183	1000	227	91	3301
oct-24	590	295	733	145	964	254	72	3053
nov-24	360	180	702	92	760	310	46	2450
dic-24	0	100	640	52	865	209	26	1892
ene-25	0	114	611	103	544	469	52	1893
feb-25	0	118	605	90	983	412	45	2253

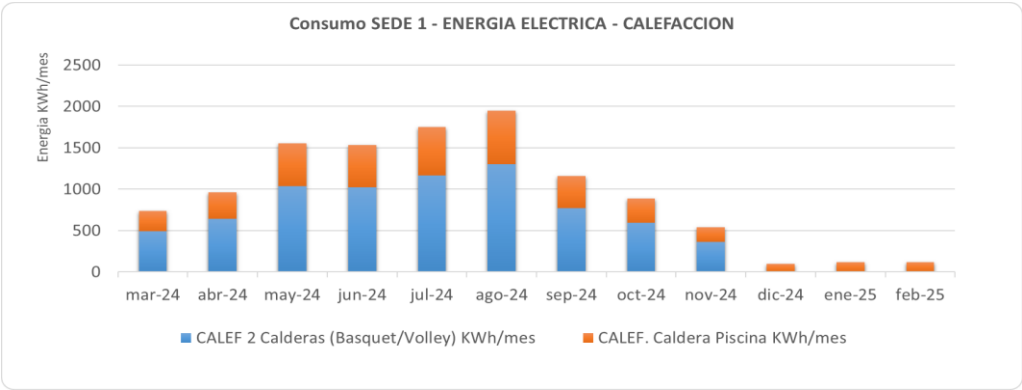


Gráfico 7.- Consumos energéticos Sede 1 – Año 2024/2025

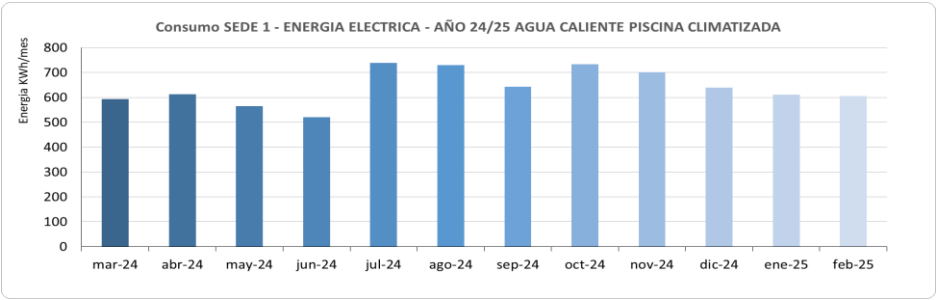


Gráfico 8.- Consumo eléctrico Agua caliente para piscina climatizada Sede 1 – Año 2024/2025

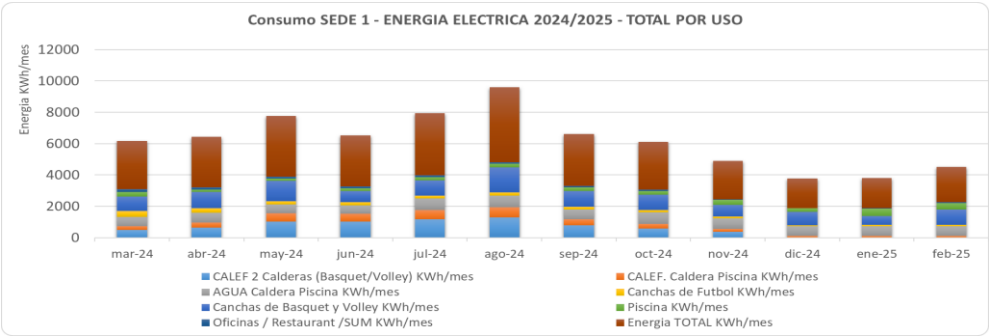


Gráfico 9.- Consumos eléctricos Sede 1, discriminados por uso – Año 2024/2025

2.2.2 Sede 2

2.2.2.1 Demandas De Energía Eléctrica General

Tabla 7.- Consumo eléctrico Sede 2, discriminado por uso - Año 2024/2025

	AGUA CALIENTE	ILUMINACIÓN / AIRES ACONDICIONADOS Y OTROS	Energía TOTAL
Periodo	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
mar-24	80	6525	6605
abr-24	83	6702	6785
may-24	106	8603	8709
jun-24	98	7972	8070
jul-24	101	8179	8280
ago-24	91	7362	7453
sep-24	74	5984	6058
oct-24	74	5976	6050
nov-24	71	5733	5804
dic-24	70	5646	5715
ene-25	74	6021	6096
feb-25	92	7411	7503

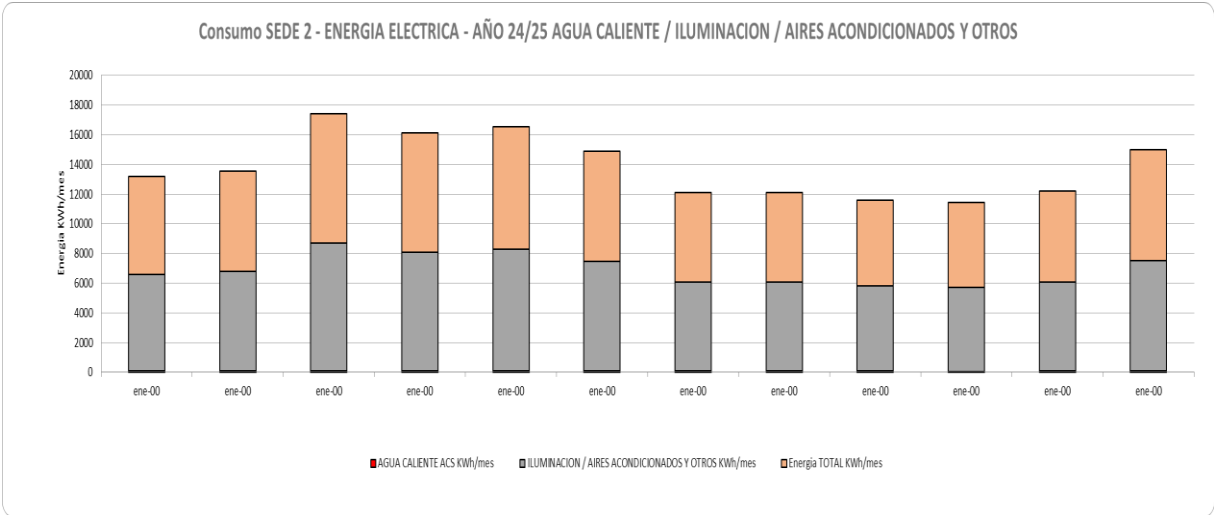


Gráfico 10.- Consumo eléctrico Sede 2, discriminados por uso – Año 2024/2025

2.2.3 Gastos Económicos Energía Consumida

Debido a los inconvenientes que significa hacer un análisis de esta índole, en un entorno inflacionario, con una energía que por momentos fue subvencionada por el estado, y con un valor dólar controlado y no libre, a modo orientativo y para ser usado en futuros cálculos, las facturas de energía abonadas por el club fueron pasadas a valor dólar.

Tabla 8.- Coste en dólares del consumo eléctrico de ambas sedes - Año 2024/2025

CONSUMO ELECTRICO						
Periodo	Energia Sede 2	Energia Sede 1	Energía Total	FACTURA EN PESOS	VALOR DÓLAR	FACTURA EN DOLARES
	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes	\$	\$/u\$s	U\$s
mar-24	6605	3090	9695	3711211	857,42	4328
abr-24	6785	3211	9996	3826544	876,75	4364
may-24	8709	3884	12594	4820822	895,25	5385
jun-24	8070	3262	11332	4337718	911,75	4758
jul-24	8280	3969	12249	4688840	932,75	5027
ago-24	7453	4804	12256	4691662	952,83	4924
sep-24	6058	3301	9359	3582793	970,92	3690
oct-24	6050	3053	9103	3484575	990,75	3517
nov-24	5804	2450	8254	3159732	1011,75	3123
dic-24	5715	1892	7608	2912191	1032,5	2821
ene-25	6096	1893	7989	3058271	1053,5	2903
feb-25	7503	2253	9755	3734328	1064,38	3508

Tabla 9.- Coste en dólares del consumo de Gas Natural de la sede 1- Año 2024/2025

CONSUMO GAS				
Periodo	Energía TOTAL 3 calderas	FACTURA EN PESOS	TIPO DE CAMBIO	FACTURA EN DÓLARES
	m ³ /mes	AR\$	AR\$/US\$	US\$
mar-24	7925	1509772	857.42	1761
abr-24	14426	2748262	876.75	3135
may-24	33285	6341044	895.25	7083
jun-24	29772	5671791	911.75	6221
jul-24	34716	6613660	932.75	7090
ago-24	43506	8288222	952.83	8699
sep-24	14296	2723496	970.92	2805
oct-24	12247	2333083	990.75	2355
nov-24	10151	1933918	1011.75	1911
dic-24	2362	449979	1032.5	436
ene-25	3450	657175	1053.5	624
feb-25	3097	590000	1064.38	554

3 CONDICIONES RECURSOS EN LA ZONA ESTUDIADA

3.1 Recurso Solar

El primer paso para trabajar es el recabado de información del recurso solar disponible en la ubicación geográfica del club. Para ellos se realiza un análisis de las bases de datos (b.b.d.d.) disponibles, donde se decide comprobar dos fuentes de información PVGIS y NREL, donde para la localización del club, la información más reciente es la del año 2023. Además, se analizarán los datos del programa PVSyst que cuenta con la información mensual del recurso solar promedio 2005-2023.

A continuación, se redacta una breve reseña de las características principales que presentan las b.b.d.d. ya mencionadas.

3.1.1 PVGIS-ERA5

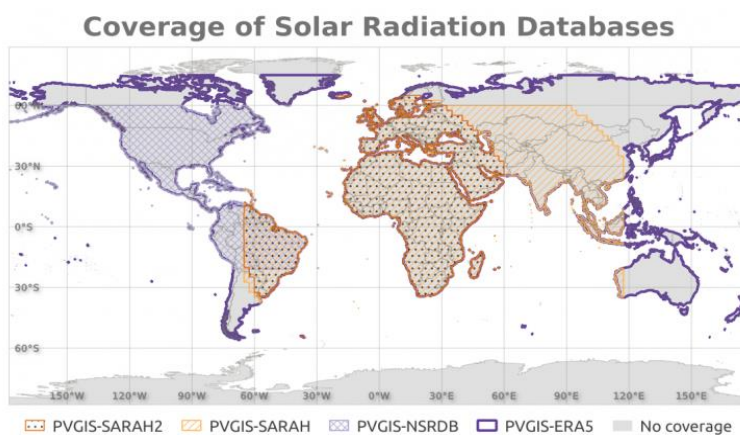
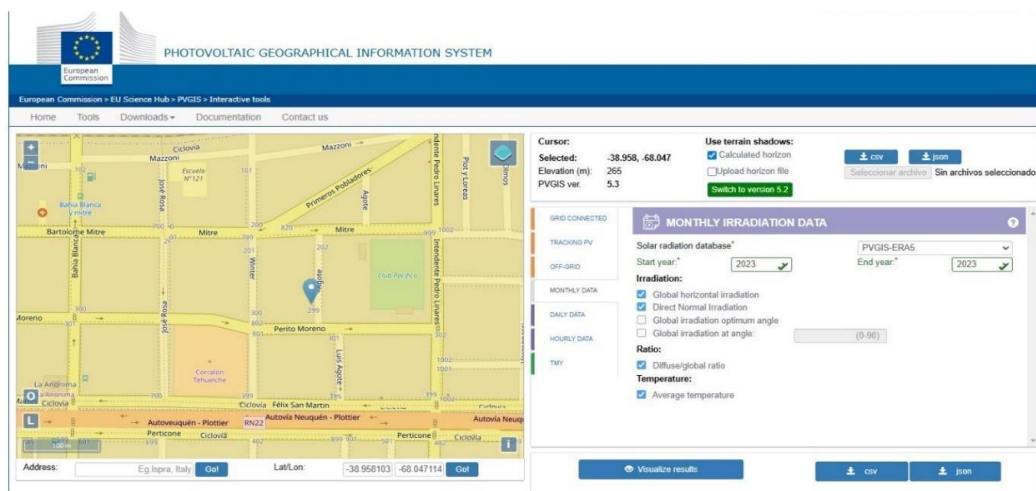


Ilustración 22.- Cobertura de b.b.d.d. de radiación solar. (PVGIS, 2025)



PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: -38.958, -68.047
Elevation (m): 265
PVGIS ver: 5.3

Use terrain shadows:
☒ Calculated horizon
☐ Upload horizon file
[Switch to version 5.2]

MONTHLY IRRADIATION DATA

Solar radiation database* PVGIS-ERA5
Start year* 2023 End year* 2023

Irradiation:
☒ Global horizontal irradiation
☒ Direct Normal Irradiation
☐ Global irradiation optimum angle
☐ Global irradiation at angle: (0-90)

Ratio:
☒ Diffuse/global ratio

Temperature:
☒ Average temperature

Address: Eg. Ispra, Italy Lat/Lon: -38.958103, -68.047114

Visualize results [Download CSV] [Download JSON]

Ilustración 23.- Datos de entrada en PVGIS (PVGIS-NREL, 2025)

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) es una herramienta desarrollada por el Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión Europea que ofrece acceso a múltiples bases de datos climáticas y solares, que permiten estimar con bastante precisión el recurso solar y el rendimiento de sistemas fotovoltaicos, especialmente en Europa y regiones cercanas.

Dentro de la información que se puede obtener de PVGIS se ha trabajado con los siguientes datos:

- Radiación mensual: se han obtenido datos promedio mensuales de radiación y temperatura para cada mes a lo largo del año 2023.
- TMY -Año Meteorológico Típico- (empleado a través del programa PVSyst): herramienta que permite generar datos de Año Meteorológico Típico (TMY) de radiación solar, temperatura y otros datos meteorológicos, se ha empleado en el rango de años 2005-2023.

Además, PVGIS cuenta con programas de cálculo que permiten obtener:

- Rendimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a la red: empleado para el cálculo de la producción media de energía a largo plazo de sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica.
- Rendimiento de sistemas fotovoltaicos con seguimiento solar: permite calcular la producción media de energía a largo plazo de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, donde los módulos están montados en estructuras con seguimiento solar, permitiendo que reciban más luz solar.
- Rendimiento de sistemas fotovoltaicos aislados: permite hacer cálculos para sistemas fotovoltaicos que no están conectados a la red eléctrica, sino que utilizan baterías como sistema de almacenamiento de energía.

ERA5 (PVGIS-Data, 2025), (ERA5, 2025), por su parte, es un reanálisis² meteorológico global más reciente y detallado disponible actualmente desarrollado por el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF), que proporciona una visión coherente y continua de la atmósfera terrestre desde 1979 hasta el presente.

Lo que lo convierte en un reanálisis es que:

- Utiliza datos históricos de observación desde 1979 hasta (casi) el presente.

² Técnica utilizada en meteorología y climatología para reconstruir el estado de la atmósfera terrestre a lo largo del tiempo mediante el uso combinado de observaciones históricas y modelos numéricos del clima.

- Integra esos datos en un modelo numérico atmosférico (el modelo IFS de ECMWF).
- Produce un conjunto uniforme y consistente de datos climáticos (como temperatura, viento, presión, humedad, radiación, etc.), con alta resolución temporal y espacial.

3.1.2 NREL-NSRDB

NSRDB³ (National Solar Radiation Database) es la base de datos nacional de radiación solar desarrollada y mantenida por el NREL (National Renewable Energy Laboratory) que contiene datos meteorológicos y de irradiancia solar derivados de satélites GOES⁴, específicamente diseñada para simular sistemas solares en América del Norte, Central y partes de Sudamérica. Esta base de datos (al igual que PVGIS, descrita anteriormente), es fundamental para la investigación, planificación y desarrollo de proyectos relacionados con la energía solar.

Entre sus principales características podemos resaltar:

- Cobertura Geográfica: principalmente abarca Estados Unidos, pero también incluye datos para partes de Canadá, México, Centroamérica, y otras regiones seleccionadas del mundo.
- Datos Contenidos: dentro de la categoría Radiación Solar, incluye datos sobre irradiancia global horizontal (GHI), irradiancia directa normal (DNI), irradiancia difusa horizontal (DHI) y otros parámetros relacionados con la radiación solar. A su vez contiene parámetros meteorológicos como pueden ser datos sobre la temperatura, humedad, velocidad del viento, y otras variables meteorológicas que son importantes para la evaluación del rendimiento de sistemas solares.
- Fuentes de Datos: Los datos de la NSRDB se generan a partir de una combinación de mediciones en estaciones terrestres y modelos basados en imágenes satelitales. Estos modelos estiman la radiación solar al nivel del suelo teniendo en cuenta la nubosidad y otros factores atmosféricos.

3.1.3 Comparativa Entre Ambas B.B.D.D

A continuación, podemos ver un breve cuadro comparativo técnico respecto a ambas bases de datos empleadas.

³ NSRDB: National Solar Radiation Database
<https://nsrdb.nrel.gov/>
 Fecha de consulta: 18/03/25

⁴ Geostationay Operational Environmental Satellites

Tabla 10.- Comparativa de radiación entre NREL y ERA5

Característica	NSRDB (NREL)	ERA5 (ECMWF)
Institución responsable	NREL (EE.UU.)	ECMWF (Europa)
Tipo de base de datos	Derivada satelital	Reanálisis (modelo + observaciones)
Cobertura geográfica	América del Norte, Centroamérica, partes de Sudamérica	Global
Resolución espacial	~4 km x 4 km	~31 km x 31 km
Resolución temporal	30 minutos (con versión horaria y diaria)	1 hora
Periodo de datos	Desde 1998 hasta presente (actualización anual)	Desde 1950 hasta presente (casi en tiempo real)
Actualización	Anual, con datos del año anterior	Diaria, con algunos días de retraso
Irradiancia disponible	GHI, DNI, DHI (alta calidad)	GHI, DHI (estimados), DNI no directa
Temperatura del aire	Sí	Sí
Velocidad del viento	Sí	Sí
Cobertura en zonas remotas (polos, selvas, desiertos)	Limitada o inexistente	Total (global)
Precisión en irradiancia solar	Muy alta en zonas continentales de EE.UU.	Moderada, varía con nubosidad y topografía
Sesgos conocidos	Puede subestimar en zonas montañosas o costeras sin buena vista satelital	Sobreestima con nubosidad, subestima en cielos claros; menor resolución

3.1.4 Datos

En el presente apartado, se mostrarán los valores graficados de tres tipos de irradiancias solares (DNI, DHI y GHI) referidas a la ciudad de Neuquén correspondiente al año 2023 para el caso de PVGIS y NSRDB y a los valores promedio de ellos años 2005-2023 para PVSyst. Al mismo tiempo se hará un análisis de dicha información, poniendo en evidencia no solo las características solares que presenta esta ciudad sino también la importancia del empleo de múltiples fuentes de información para obtener un perfil más completo y fidedigno a la hora de hacer un análisis de la irradiancia solar.

Una breve reseña del significado de las irradiancias analizadas:

- **DNI (Direct Normal Irradiance - Irradiancia Directa Normal)**
Es la cantidad de radiación solar que llega directamente desde el Sol en línea recta, sin ser dispersada ni reflejada por la atmósfera. Se mide en una superficie que está siempre perpendicular a los rayos solares.
- **DHI (Diffuse Horizontal Irradiance - Irradiancia Difusa Horizontal)**
Es la cantidad de radiación solar que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera y llega a la superficie terrestre desde todas las direcciones del cielo, excluyendo la radiación directa del sol. Se mide sobre una superficie horizontal.
- **GHI (Global Horizontal Irradiance - Irradiancia Global Horizontal).**
Es la suma de la irradiancia directa y difusa que llega a una superficie horizontal. Básicamente, es la radiación solar total que llega a la superficie terrestre, combinando tanto la radiación directa (después de haber sido reducida por el ángulo de incidencia) como la difusa.

A continuación, se presentan los datos recabados de las bases de datos.

Latitud (grados decimales): -38.958°

Longitud (grados decimales): -68.047°

Referencias



Valores calculados

Datos obtenidos de B.B.D.D.

Los valores obtenidos de las b.b.d.d. son datos de cantidad de energía por mensual, por lo que se trata de valores de irradiación, siendo sus unidades kWh/m²(/mes), resultando finalmente:

- **DNI (PVGIS: Hb(n)_m) [kWh/m²/mes]:** Irradiación directa normal (mensual) en un plano siempre perpendiculares a los rayos solares.
- **GHI (PVGIS: H(h)_m) [kWh/m²/mes]:** Irradiación en plano horizontal.
- **DHI [kWh/m²/mes]:** Irradiación difusa (mensual) en un plano horizontal.

Además, también se observará la siguiente información:

- **Kd: Ratio:** irradiación difusa/irradiación global.
- **BHI [kWh/m²/mes]:** Irradiación directa (mensual) en un plano horizontal.
- **T° [°C]:** Temperatura promedio diaria.

Base de datos de radiación: PVGIS-ERA5
Tabla 11.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)

Mes	DNI	GHI	DHI	Kd	BHI	T°
Enero	311.66	257.01	48.83	0.19	208.18	26.8
Febrero	278.41	212.58	36.14	0.17	176.44	24.8
Marzo	224.01	167.27	36.80	0.22	130.47	21.3
Abril	170.79	113.24	31.71	0.28	81.53	16.2
Mayo	167.81	89.17	22.29	0.25	66.88	12.1
Junio	113.11	59.29	19.57	0.33	39.72	8.3
Julio	124.06	69.87	23.06	0.33	46.81	6.9
Agosto	164.92	101.34	28.38	0.28	72.96	8.2
Septiembre	194.59	143.54	37.32	0.26	106.22	10.6
Octubre	246.16	198.91	47.74	0.24	151.17	15
Noviembre	288.24	235.93	47.19	0.2	188.74	18.5
Diciembre	329.56	268.88	48.40	0.18	220.48	21.9

Base de datos de radiación: NREL-NSRDB
Tabla 12.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2023) (NSRDB, 2025)

Mes	DNI	GHI	DHI	Kd	BHI	T°
Enero	275.694	249.559	59.083	0.24	190.48	26.7
Febrero	279.186	215.921	36.678	0.17	179.24	24.8
Marzo	225.753	171.783	42.722	0.25	129.06	21.7
Abril	153.18	107.922	32.936	0.31	74.99	16.4
Mayo	146.143	82.634	24.666	0.30	57.97	12.0
Junio	74.62	47.52	21.771	0.46	25.75	7.6
Julio	85.733	59.032	26.752	0.45	32.28	6.4
Agosto	135.035	91.011	30.463	0.33	60.55	7.6
Septiembre	182.297	141.51	39.76	0.28	101.75	10.1
Octubre	197.882	181.613	59.89	0.33	121.72	14.5
Noviembre	251.707	226.604	58.84	0.26	167.76	17.5
Diciembre	300.935	267.475	58.92	0.22	208.56	22.5

Base de datos de radiación: PVSyst (PVGIS)
Tabla 13.- Datos de irradiación solar en Neuquén (2005-2023) (PVSyst, 2025)

Mes	GHI	DHI
Enero	270.7	41.7
Febrero	207.6	36.9
Marzo	176.3	34.7
Abril	124	28.3
Mayo	82.6	21.9
Junio	58.6	19.8
Julio	72.3	22.4
Agosto	106.6	28
Septiembre	125.1	32.2

Octubre	199.3	46.4
Noviembre	248.2	42
Diciembre	266.7	49.4

3.1.5 Análisis de datos

En el *Gráfico 12.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2023) (PVGIS-NREL, 2025)* se muestra la evolución de las tres componentes de irradiación solar descritas anteriormente. A partir de los datos obtenidos de PVGIS se observa claramente cómo los meses de mayor irradiación son los comprendidos entre noviembre y febrero, como era de esperarse por tratarse de los meses de verano que presentan una mayor incidencia solar.

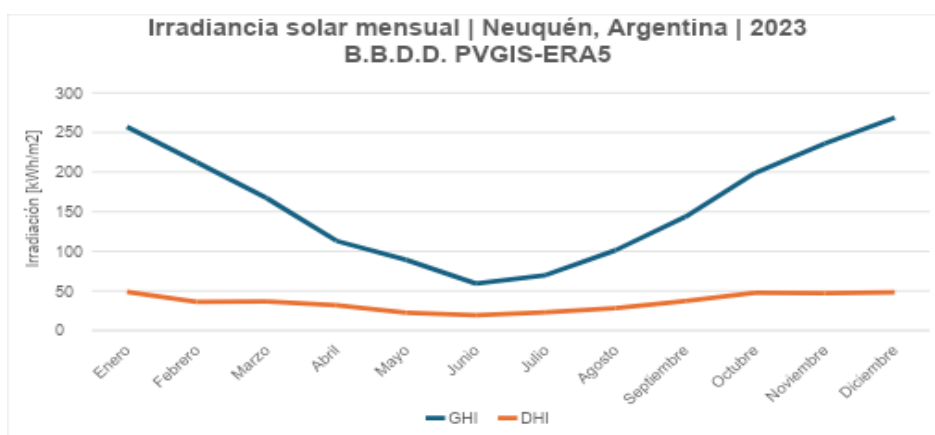


Gráfico 11.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)

En el *Gráfico 13.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2023)* se muestran los datos correspondientes al mismo año, pero esta vez obtenidos de NREL. Una vez más, corroboramos que entre los meses de noviembre y febrero tenemos los valores de irradiancia mayores.

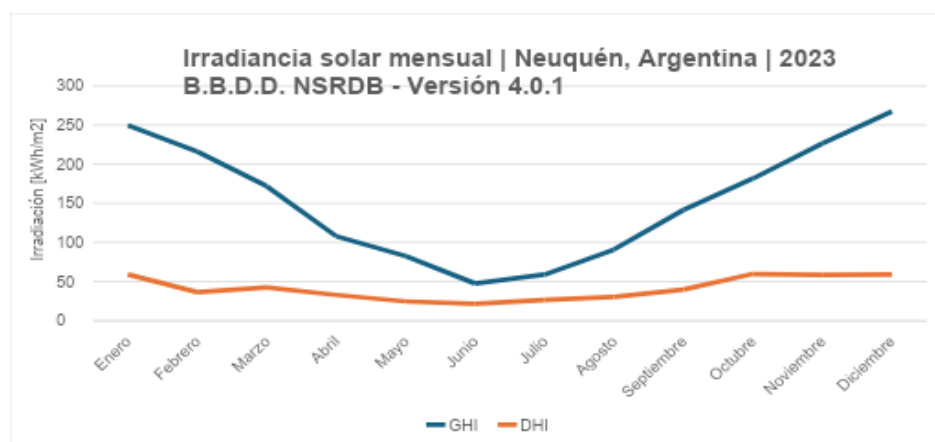


Gráfico 12.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2023) (PVGIS-NREL, 2025)

Finalmente, en el *Gráfico 14.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2005-2023)* (PVGIS, 2025) se muestran los datos correspondientes al compendio de años 2005/2023, obtenidos de PVSyst.

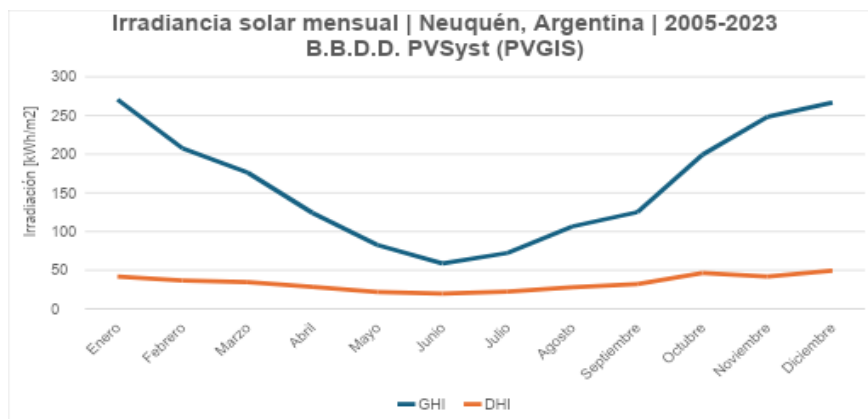


Gráfico 13.- Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (2005-2023) (PVGIS, 2025)

A continuación, en el *Gráfico 15.- Comparativa de las bases de datos PVGIS-ERA5, NREL-NSRDB y PVSyst*, se realiza una comparativa general de los parámetros GHI y DHI de la b.b.d.d. antes mencionadas, dejando en evidencia las diferencias que podemos encontrar en función de la fuente de información que consultemos.

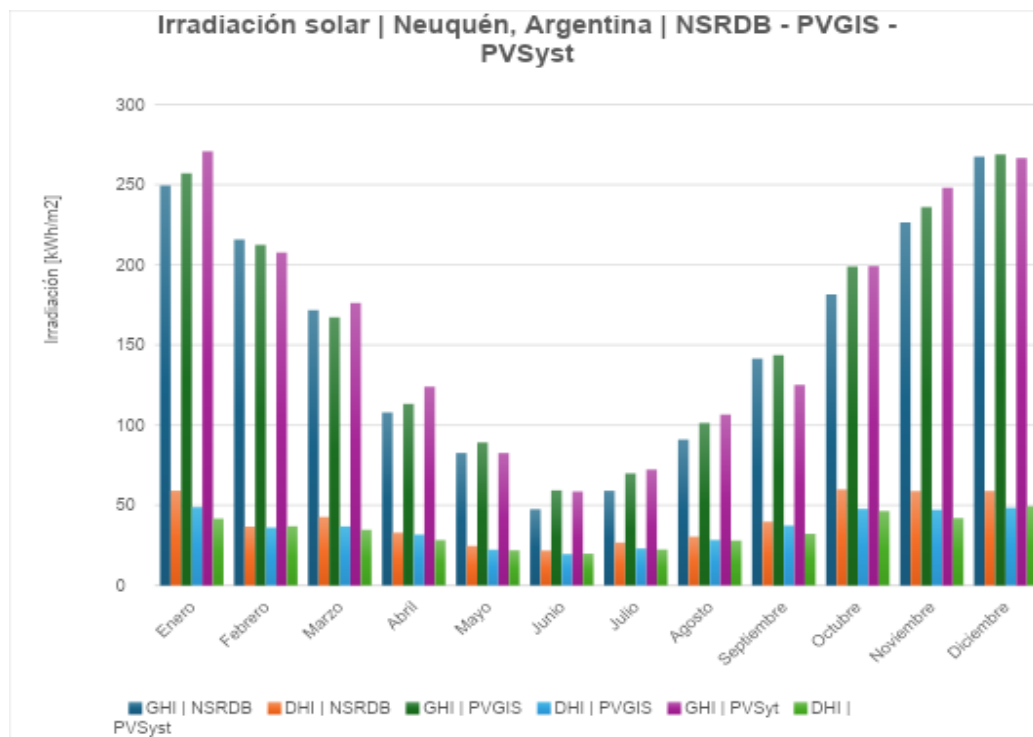


Gráfico 14.- Comparativa de las bases de datos PVGIS-ERA5, NREL-NSRDB y PVSyst: Evolución mensual de la irradiancia solar | Neuquén (PVGIS-ERA5, 2025) (NSRDB, 2025) (PVSyst, 2025)

Para realizar un análisis general de la información se hizo un promedio anual de los diferentes tipos de irradiancias y se compararon los resultados en función de su fuente (Gráfico 16).

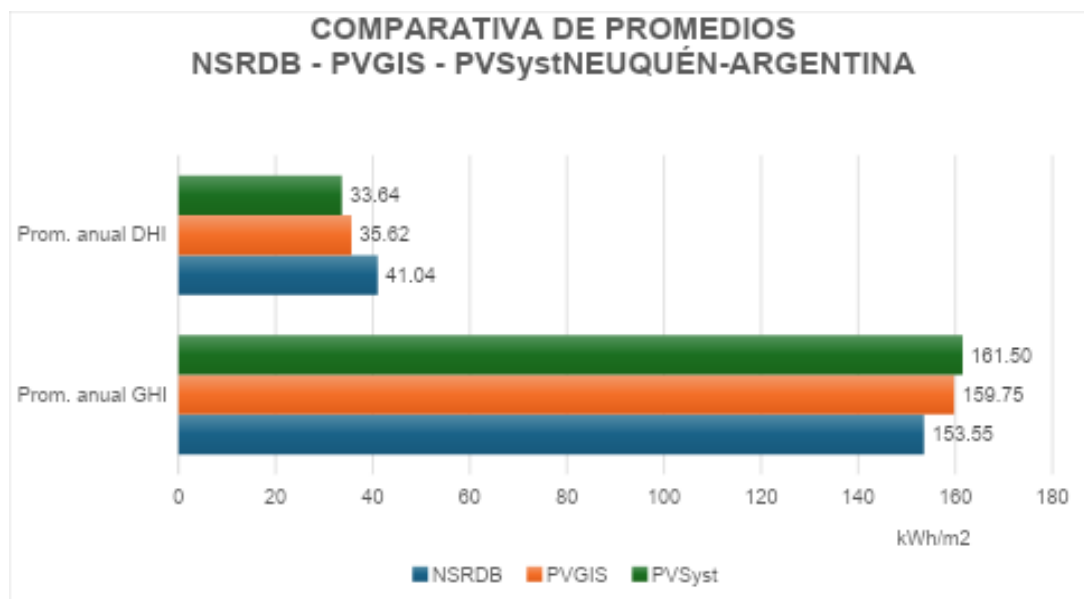


Gráfico 15.- Comparativa de las bases de datos PVGIS-ERA5, NREL-NSRDB y PVSyst, Promedio anual de la irradiancia solar | Neuquén (PVSyst, 2025) (NSRDB, 2025) (PVGIS-ERA5, 2025)

Con estos resultados a la vista podemos decir que tanto PVGIS como NREL y PVSyst presentan en promedio valores aproximados entre sí. Para elegir en cuál base de datos nos basaremos para realizar los siguientes apartados, se tomará una decisión conservativa, eligiendo la información recabada de PVSyst *Tabla 16.- Datos de irradiancia solar en Neuquén (2005-2023) (PVSyst, 2025)*, ya que al ser esta b.b.d.d. un compendio de información entre los años 2005-2023 se estima que las variaciones de irradiaciones serán mínimas. Por otra parte, al contener la mayor cantidad de datos como respaldo se asegura la solidez de la información.

A modo de breve conclusión de este análisis es importante remarcar la importancia de consultar múltiples bases de datos al realizar estudios de irradiancia solar para obtener resultados precisos y fidedignos. Diferentes fuentes pueden ofrecer variaciones en los datos debido a la metodología utilizada, la resolución espacial y temporal, y los modelos atmosféricos aplicados. La consulta de varias bases de datos permite una visión más completa y precisa, reduciendo la posibilidad de sesgos y asegurando que las conclusiones sean representativas de las condiciones reales en cada ubicación. Este enfoque multidimensional es esencial para la planificación y optimización de proyectos de energía solar, adaptando la tecnología a las características específicas de cada región con mayor confiabilidad.

3.2 Recurso Eólico

Se evaluó la viabilidad de un sistema de generación de energía eólica mediante el análisis del recurso eólico disponible en la zona de estudio. Para ello, se recopilieron datos referentes a la velocidad y dirección del viento registrados en el sitio geográfico donde se plantea el proyecto.

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Se ha utilizado información proveniente del Global Wind Atlas, las cuales permiten realizar una estimación inicial de la producción energética potencial. Los datos han sido representados gráficamente para facilitar la interpretación de los patrones de viento a lo largo del año.

A continuación, las imágenes correspondientes al levantamiento de información.



Ilustración 24.- Ubicación de la locación (Global Wind Atlas, 2025)

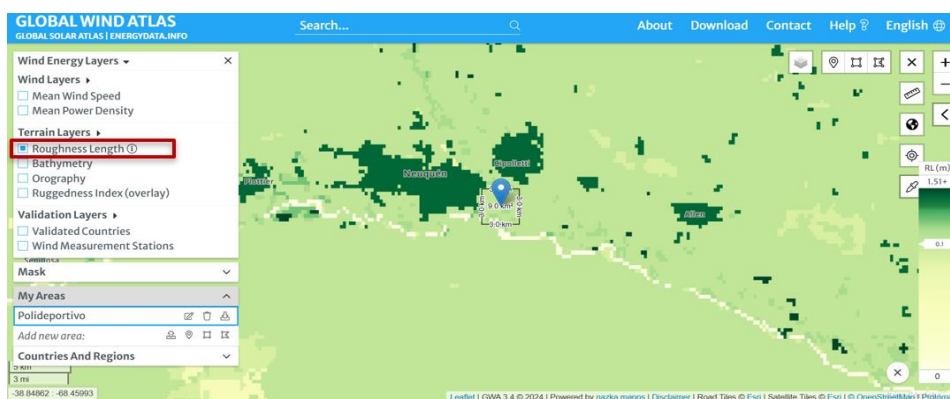


Ilustración 25.- Rugosidad de la locación (Global Wind Atlas, 2025)

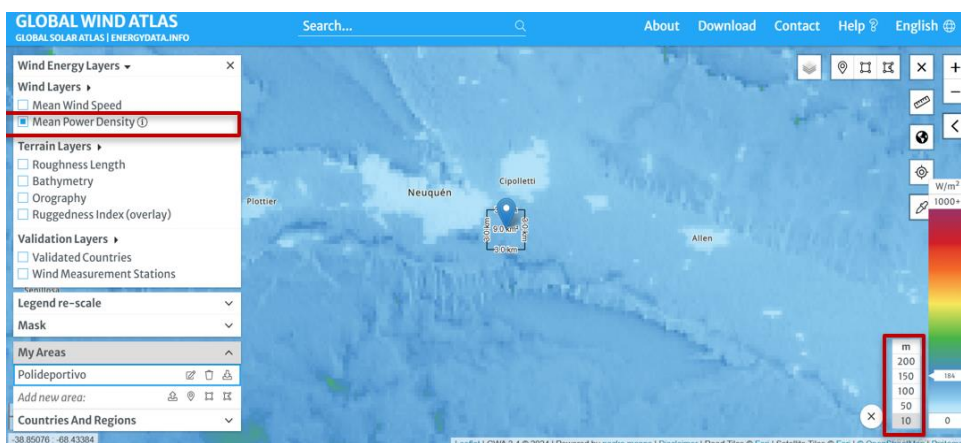


Ilustración 26.- Potencia media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

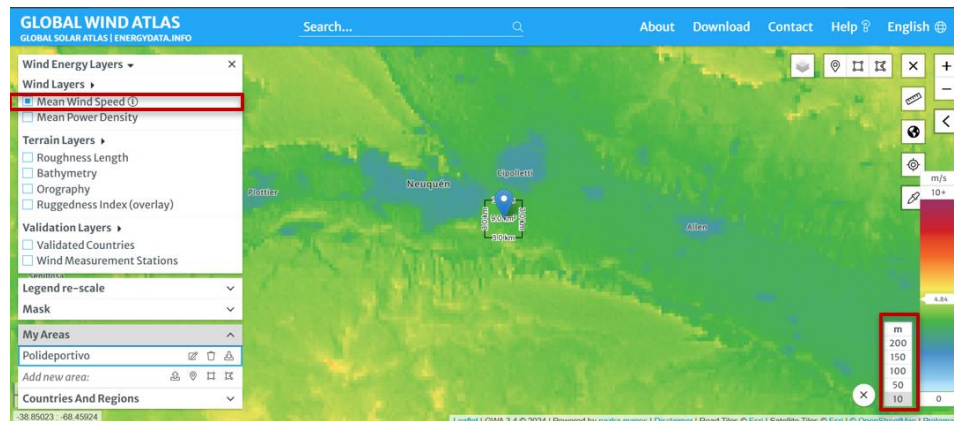


Ilustración 27.- Velocidad media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.1 Velocidad Media Del Viento

Se observa que la velocidad media del viento varía entre 0.81 m/s en mayo y 1.30 m/s en agosto, siendo este último el mes con mayor potencial eólico.

Se aprecia un comportamiento estacional del viento, con un incremento progresivo entre los meses de agosto y noviembre.

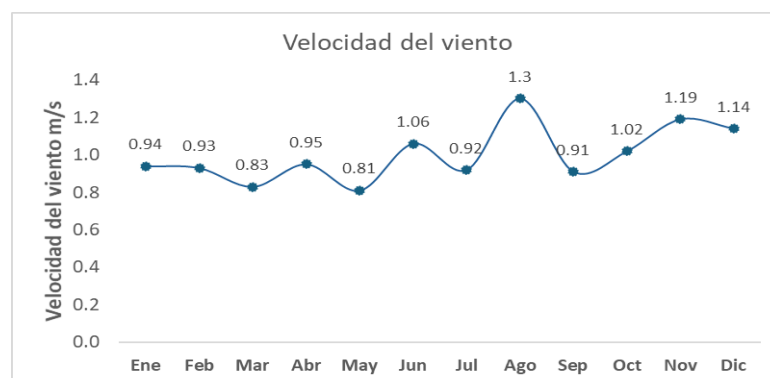


Gráfico 16.- Valores de velocidad media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.1.1 Velocidad Del Viento En Un Día Promedio

El análisis horario muestra que las mayores velocidades del viento se presentan entre las 20:00 h y las 02:00 h, con una velocidad media aproximada de 1.35 m/s.

Esta información resulta útil para estimar posibles horarios de mayor generación, sin embargo, los valores se mantienen en un rango bajo para generación eólica.

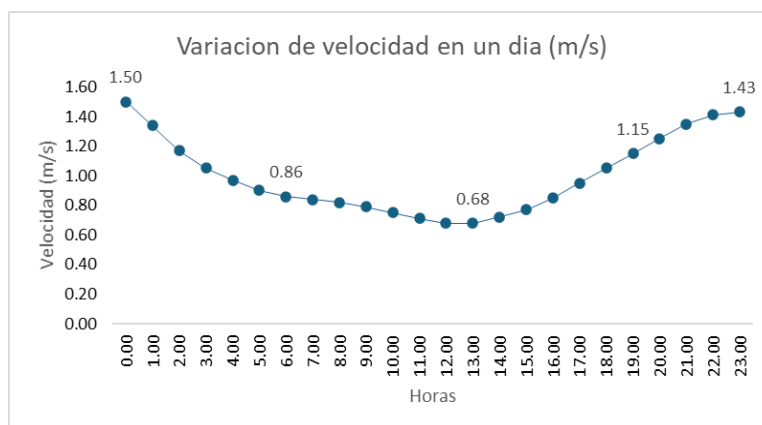


Gráfico 17.- Valores de velocidad del viento a lo largo de un día a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.1.2 Velocidades Interanuales De Viento

Analizando los datos históricos de viento en el periodo comprendido entre 2008 y 2017, observamos una tendencia estable en los valores promedio anuales de velocidad del viento.

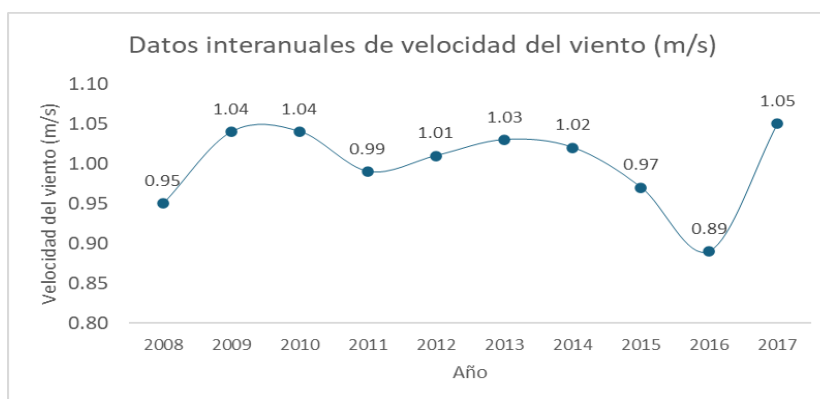


Gráfico 18.- Valores de velocidad del viento interanual a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.2 Mapa De Calor De La Velocidad Del Viento

El gráfico 19 muestra un mapa de calor de la velocidad del viento a 10 metros de altura, en función del mes y la hora del día. Se observa que las velocidades predominantes oscilan entre 0.5 y 1.5 m/s, con escasos momentos donde superan los 1.5 m/s. La mayor concentración de vientos ocurre en los meses de julio a septiembre, principalmente en horas nocturnas. Esta información es clave para complementar la energía solar con la eólica usada en la sede 2 de nuestro proyecto.

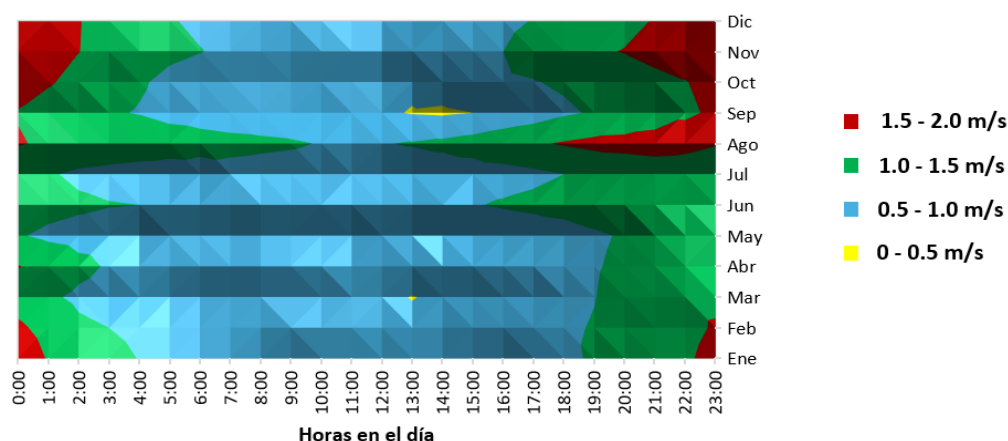


Gráfico 19.- Mapa de calor de las velocidades de viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.3 Rosa De Vientos

A través de la tabla y la rosa de los vientos generada, se determinó que las direcciones predominantes del viento corresponden a los cuadrantes Oeste-Suroeste (OSO), Oeste (O) y Noroeste (ONO), lo cual es fundamental para definir la orientación óptima de los aerogeneradores.

Frecuencia	Dirección del viento	
0.04	0°	N
0.04	30°	NNE
0.07	60°	ENE
0.11	90°	E
0.08	120°	ESE
0.06	150°	SSE
0.05	180°	S
0.05	210°	SSO
0.14	240°	OSO
0.15	270°	O
0.14	300°	ONO
0.07	330°	NNO

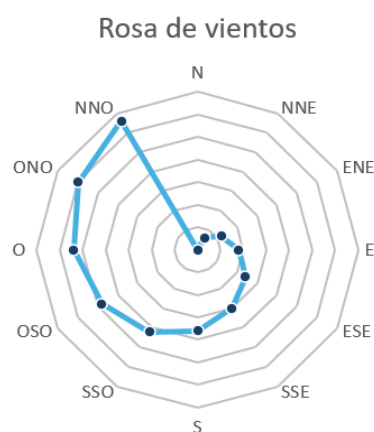


Gráfico 20.- Rosa de vientos a 10 m (Global Wind Atlas, 2025)

3.2.4 Disposición Del Aerogenerador

El aerogenerador seleccionado será instalado en la Sede 2 y funcionará como sistema de respaldo a la generación solar fotovoltaica. Dado que las velocidades de viento son mayores durante la noche, su incorporación será muy útil para cubrir las necesidades de iluminación en ese horario.



Ilustración 28.- Ubicación del aerogenerador

3.3 Biomasa

Para este apartado se ha tomado como referencia el informe “Estudios específicos – Caracterización del potencial uso energético de residuos de biomasa – Alto Valle de Río Negro”⁵ donde se evalúa el potencial recurso de biomasa en la vecina provincia de Río Negro para empleo en la generación de energía. Si bien el estudio del presente Trabajo Final de Máster se realiza para un establecimiento deportivo en la provincia de Neuquén, tal como se aprecia en la Ilustración 43, el área de análisis de la bibliografía mencionada se encuentra a escasos kilómetros del club por lo que se considerará que el clima, recursos naturales e industrias son las mismas, haciendo extensiva la zona de influencia del texto empleado. En dicha Ilustración la curva azul evidencia una circunferencia de 50 km, considerando este un límite razonable de transporte de biomasa para no encarecer su valor, excederlo generaría una pérdida de competitividad de su valor frente a otras fuentes de energía.



Ilustración 29.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y zona de relevamiento de datos de la bibliografía empleada de referencia

⁵ Estudios específicos – Caracterización del potencial uso energético de residuos de biomasa – Alto Valle de Río Negro – Informe Final
INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), Septiembre 2022

Se analiza la biomasa como fuente de energía renovable, evaluando sus características físicas, químicas y térmicas para determinar su viabilidad en aplicaciones energéticas. El análisis técnico de los resultados confirma que la biomasa evaluada presenta características adecuadas para su uso como fuente de energía renovable, aunque con variaciones en sus propiedades dependiendo del tipo y origen del material. Los parámetros clave analizados, como contenido de humedad, volátiles y poder calorífico, reflejan la viabilidad de cada biomasa en diferentes aplicaciones energéticas. Se identificaron ciertas limitaciones en términos de eficiencia y composición química, destacando el potencial de la biomasa como alternativa sustentable, siempre que se implementen mejoras en su procesamiento y aprovechamiento.

Según el dato de CAFEMA⁶, el sector maderero en el Alto Valle (provincia de Río Negro) produce, al menos, 18.750 toneladas anuales de residuos, teniendo en cuenta una humedad promedio del 50% en la totalidad de los residuos generados. Estos valores ponen en relieve el potencial de su aprovechamiento.

Entre las principales fuentes de biomasa de la zona y sus características, cabe mencionar:

- Sector maderero.

Encargado de procesar entre 70.000 y 80.000ton/año de álamo, resultando el 50% en residuos (aserrín, virutas y cantoneras⁷). Presenta un funcionamiento estable a lo largo del año.

Este sector incluye a los aserraderos de la zona, encargados de la fabricación de cajones de fruta, molduras de construcción, casas prefabricadas, entre otros.



Ilustración 30.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y localización de aserraderos

- Sector jugueras.

En el año 2018, la totalidad de la producción de manzanas del país producida en los valles irrigados de Río Negro y Neuquén se destinó a la industria de jugos, jugos concentrados y sidras.

⁶ Cámara de Forestadores y Empresarios Madereros.

⁷ Corteza con madera difícil de aprovechar.

La fruta destinada a la industria pasa por un proceso, donde se estima que el 60% termina formando el desecho denominado orujo, compuesto por: agua, cáscaras, semillas, pedúnculos y restos de pulpas. De acuerdo con la bibliografía consultada en el Alto Valle se descartan entre 35.900 ton y 108.000 ton de orujo por año. Este material puede ser utilizado para fines energéticos directos (procesos termoquímicos) o para producción de biogás, dependiendo del volumen de producción y las características de los modelos de gestión del residuo.

El bagazo es otro residuo con potencial biomásico que se deriva de la fabricación de la sidra, como principal exponente podemos mencionar la empresa Farruca SA, productora a nivel nacional que genera aproximadamente 25.550 ton/año de bagazo.

Como en el presente trabajo se analiza la alternativa de emplear calderas de biomasa para generación de calor, estos productos del sector alimenticio no serán empleados, pero dada su envergadura, se optó por su mención.

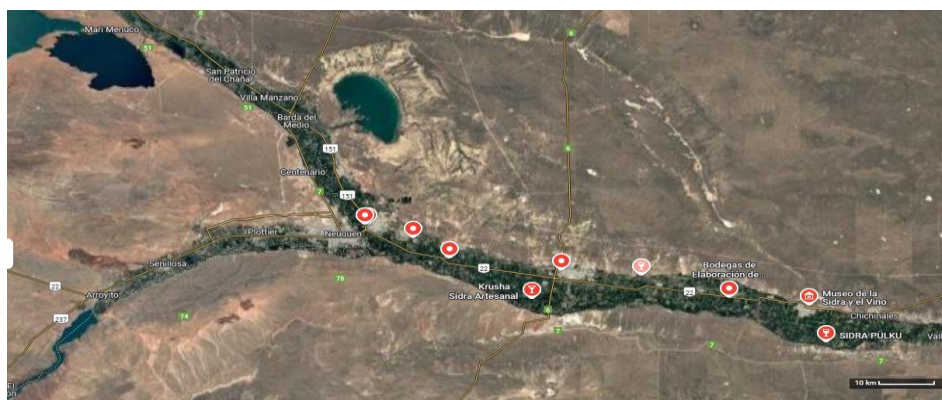


Ilustración 31.- Ubicación geográfica de la ciudad de Neuquén y localización de las plantas elaboradoras de sidra

Otros rubros de menor envergadura presentes en la zona y que, a consecuencia de sus actividades, generan residuos con potencial biomásico son:

- Procesadores de frutos secos: estas empresas procesan y envasan nueces y almendras principalmente, siendo propietarias de las plantaciones, y realizando el descascamiento de los frutos. Entre los residuos biomásicos producidos podemos destacar principalmente las cáscaras de los frutos secos (70% del fruto de la almendra y 50% de la nuez) y el pelón⁸.
- Papelera Vual: instalada en la ciudad de Cipolletti y encargada de producir servilletas descartables. La misma utiliza de 5 a 7 toneladas semanales de madera de eucalipto, generando, a raíz de su proceso productivo, tres residuos biomásicos: pasta decantada (celulosa), aserrín y astillas de eucalipto.
- Productores primarios de frutas (manzanas y peras): presentan plantaciones de frutas que generan residuos de biomasa con la poda y el raleo. Se estima un área de plantación alrededor de 30.000ha.

⁸ Especie de cápsula que recubre a la almendra y a la nuez y es retirada mecánicamente in situ.

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

- Vitivinicultura
- Productores de cereza

Tabla 14.- Resultados de laboratorio de fuentes de biomasa (tabla 9 de bibliografía)

Material	H [%]	Cen [%]	FC [%]	VM [%]	DAP [kg/m ³]	Qneto [MJ/kg]	Cl [%]	S [%]
Aserrín de álamo	46.96	1.99	18.71	79.30	181.0	18.414	0.11	0.158
Viruta de álamo	12.42	1.62	19.50	78.88	74.4	18.801	0.12	0.110
Chip de costanero de álamo	16.08	3.87	19.37	76.76	128.0	18.205	0.41	0.411
Fibra de decant. de eucalipto	80.76	3.50	19.36	77.14	-	17.757	0.27	0.751
Orujo de manzana	10.18	12.40	16.58	71.02	174.5	19.392	0.40	0.306
Cáscara de nuez	10.56	2.14	22.56	75.30	206.6	19.046	0.21	0.039
Leña de nogal	11.54	1.80	20.95	77.25	-	17.980	0.42	0.590
Orujo de uva	52.30	10.64	25.64	63.72	502.5	17.693	0.25	0.091
Leña de manzano	17.51	2.63	24.05	73.32	93.7	18.225	0.49	0.537
Pelón de almendras	8.92	8.32	21.01	70.67	263.8	18.268	0.33	0.160
Pelón de nuez	10.73	16.20	23.90	59.90	167.6	16.238	0.70	0.604
Orujo de manzana	5.94	14.15	17.85	67.65	238.3	18.687	0.86	0.675
Cáscara de nuez Chandler	4.37	2.24	24.86	72.90	270.8	18.881	0.39	0.330
Cáscara de almendras	9.14	4.09	22.96	72.95	415.1	18.290	0.02	0.014

Donde:

- H: contenido de humedad
- Cen: contenido de cenizas
- FC: porcentaje de carbono fijo
- VM: porcentaje de sólidos volátiles
- DAp: densidad aparente
- Qneto: poder calorífico neto
- Cl: contenido de cloro
- S: contenido de azufre

Entre las observaciones que podemos hacer al respecto de los materiales disponibles se puede decir que:

- El aserrín de álamo: presenta un alto contenido de humedad, por lo que su aprovechamiento térmico directo tiene una baja eficiencia. En cuanto al contenido de cenizas, si bien no es alto, está por arriba del valor esperado para su uso como biocombustibles sólidos en aplicaciones domésticas. Respecto a su poder calorífico, aproximadamente 4398 kcal/kg, sería aprovechable si pudiera reducirse el porcentaje de humedad.

- Viruta de álamo: teniendo la misma composición que el aserrín de álamo, presenta la gran ventaja de tener menor humedad, posicionándolo como un gran candidato para la producción de pellets.
- Fibra de eucalipto: su porcentaje de humedad es muy elevado, pero de poder realizarse un secado solar posterior a su obtención, sería una buena fuente de biomasa.
- Orujo de manzana: su poder calorífico ronda las 4630 kcal/kg, lo cual lo hace un producto interesante, sin embargo, para usos energéticos como la combustión hay que prestar atención a los contenidos de cloro y azufre pero particularmente al comportamiento de las cenizas que podría fundir o sintetizar generando problemas al sistema de combustión.
- Cáscara de nuez: presenta una humedad estable alrededor del 11% y un contenido de cenizas bajo. Se debería plantear una homogeneización en tamaño para facilitar la dosificación, por ejemplo, en quemadores poli combustibles biomásicos. El poder calorífico medio es bueno para aplicación térmica considerando además la humedad natural. La cáscara puede ser utilizada en su formato original o bien con una molienda para mejorar su dosificación, pero no requiere demasiados ajustes como otras biomásas.
- Pelón de almendra: a pesar del secado al sol no pierde la humedad como otros elementos herbáceos y para su uso sería necesario mejorar la gestión en campo o secado forzado. El contenido de cenizas está por arriba de lo necesario para aplicaciones domésticas, pero sí podría usarse en aplicaciones industriales considerando que tiene un poder calorífico de aproximadamente 4300 [kcal/kg]. El valor de cloro sin embargo es alto.
- Pelón de nuez: contiene un valor de cenizas muy alto a pesar de que su humedad es baja. El poder calorífico es más bajo que varias de las otras biomásas mencionadas, pero considerando la humedad podría ser un buen aditivo.
- Cáscaras de almendras: tiene un porcentaje de cenizas elevado, pero, tal vez, con un sistema de gestión y limpieza previa se pueda llevar a valores inferiores. Su densidad es alta, lo que le da un excelente perfil para el transporte y dosificación en sistemas de combustión. Su poder calorífico es alto comparable al de la madera y sus contenidos de cloro y azufre son bajos.

A modo de cierre de este apartado, se remarca el enorme potencial de la zona para la producción de biomasa utilizable como fuente de combustible para diferentes finalidades, como la que nos compete en nuestro caso, calefacción. Sin embargo, es importante resaltar cuánto más podría ser provechoso el actual escenario de implementar una metodología para la valorización de la biomasa en origen permitiendo a los aserraderos mejorar su gestión, con secado natural y preservación de la calidad, convirtiéndose en proveedores de materia prima.

4 SOLUCIÓN PLANTEADA

4.1 Dimensionado Parte ACS - Sede 1

4.1.1 Cálculos Para Suplir La Demanda De ACS

Para el cálculo de las demandas de ACS se han tenido en cuenta las siguientes suposiciones y licencias:

- Superficie de cada captador solar: 2,5 m²
- Rendimiento del colector: 85,5 %
- Rendimiento real: 85 %
- Factor de pérdidas: 5,5 W·m⁻²·K⁻¹
- Pérdidas de carga de cada panel: 5 mm.c.a.
- Volumen de cada colector: 2,75 l
- Caudal del panel: 50 l·h⁻¹

4.1.1.1 Cálculo De La Demanda De ACS

Partiendo del número de personas en cada una de las instalaciones, y considerando que:

- Si hay ducha = 21 l·persona⁻¹⁹
- No ducha = 4 l·persona⁻¹¹⁰
- Asistentes como público: 0 l·persona⁻¹

Tabla 15.- Obtención del número de personas y su consumo de ACS para la Sede 1

Personas y consumo de agua						
Lugar	Personas	Uso Baños	Agua Caliente	Ducha	L/Persona	L
Estadio Basquetbol	150	SI	SI	NO	4	600
Gimnasio	40	SI	SI	SI	21	840
Estadio Voleibol	150	SI	SI	NO	4	600
Canchas De Fútbol	100	SI	NO	NO	4	400
Piscina	60	SI	SI	SI	21	1260
Sum	10	SI	SI	NO	4	40
Oficina	4	SI	SI	NO	2	8
Restaurante Clientes Salon	40	SI	SI	NO	8	320
Total	554				7,34	4068

⁹ Consumo por persona en un gimnasio. (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

¹⁰ Consumo por persona en una escuela. (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

4.1.1.2 Estimación De La Temperatura De Agua De Red.

Partiendo de la temperatura media para la ciudad de Neuquén y las ciudades españolas de Cuenca, Albacete y Córdoba (Spark, 2025) y comparando con la temperatura de agua de red de las ciudades españolas a igualdad de temperatura ambiente se obtiene el valor de agua de red para cada uno de los meses en la ciudad de Neuquén.

Tabla 16.- Estimación de la temperatura de agua de red para la ubicación 1 (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019)

Mes	Temperatura media	Cuenca	Albacete	Córdoba	Tª agua de red
	°C	°C	°C	°C	°C
Enero	24	4	5	8	19
Febrero	23	5	7	10	18
Marzo	19	8	10	13	16
Abril	14	10	12	16	8
Mayo	10	14	16	19	10
Junio	7	19	22	24	9
Julio	6	23	25	28	7
Agosto	9	22	25	28	9
Septiembre	12	18	20	24	12
Octubre	16	12	15	18	14
Noviembre	20	7	9	13	17
Diciembre	23	4	6	9	18

4.1.1.3 Consumo Teórico De Agua Caliente A 45 °c.

Así para una temperatura de agua caliente de 45 °C obtenemos los siguientes consumos por persona en cada uno de los meses:

Tabla 17.- Consumo mensual de Agua caliente a 45 °C

Mes	D45	Número días mes	Consumo agua individual	Consumo agua total
	l·persona ⁻¹	Días	l·persona ⁻¹ ·mes ⁻¹	m ³ ·mes ⁻¹
Enero	11,58	31	358,96	198,86
Febrero	11,42	28	319,83	177,18
Marzo	11,14	31	345,37	191,34
Abril	10,32	30	309,60	171,52

Mayo	10,49	31	325,19	180,15
Junio	10,40	30	312,08	172,89
Julio	10,24	31	317,49	175,89
Agosto	10,40	31	322,48	178,65
Septiembre	10,68	30	320,42	177,51
Octubre	10,90	31	337,78	187,13
Noviembre	11,28	30	338,30	187,42
Diciembre	11,42	31	354,09	196,17
Total [m³/año]				2194,71

4.1.1.4 Dimensionamiento Del Tanque De ACS Y Superficie Total De Colectores.

Partiendo de los 2.194, 71 m³·año⁻¹ de agua caliente a 45 °C obtenidos en el apartado anterior se obtiene un consumo diario de 6,013 m³·día⁻¹, valor que al aplicar un factor de seguridad del 25 % nos da un volumen de depósito del 7,516 m³.

Para facilitar la adquisición del depósito se decide adquirir 3 depósitos de 2,5 m³ cada uno, es decir, un volumen de 7,5 m³.

Tabla 18.- Estimación de la superficie colectora

Elección superficie total del colector		
A1 = Vdepósito/50	150,00	m ²
A2 = Vdepósito/180	41,67	m ²
A = (A1+A2)/2	95,83	m ²
Superficie colectora	100,00	m²
Volumen dep/superficie colectora	75,00	l·m ⁻²

La superficie de colectores estimada es de **100 m²** que nos da una relación de 75 l·m⁻², valor igual al recomendado por la bibliografía.

4.1.1.5 Estimación De La Intensidad Radiante.

Datos:

- Intensidad radiante: Base de datos PVGIS, Neuquén (PVGIS, 2025).
- Factor de corrección, se obtiene interpolando el factor a 38 ° entre las inclinaciones de 35 ° y el de 40 °, y desplazando 6 meses los resultados (IDAE, 2009).
- Cantidad de horas de sol, al carecer de datos para la ciudad de Neuquén se han obtenido aeródromo chileno de Maquehue – Temuco, que tiene una latitud sur de 38 °, al igual que Neuquén. (Weather Online, 2025).

Tabla 19.- Estimación de la intensidad radiante

Datos Meses	Rad. PVGIS BHI	Energía	Factor de corrección	Energía aplicando k y 0.94	Horas de sol promedio	Intensida d radiante
	$\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mes}^{-1}$	$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$	k - 38 °	$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$	h	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Enero	208,18	24,18	0,946	21,50	8,6	694,43
Febrero	176,44	22,69	1,038	22,13	8,4	732,02
Marzo	130,47	15,15	1,184	16,86	7,1	659,79
Abril	81,53	9,78	1,346	12,38	5	687,78
Mayo	66,88	7,77	1,448	10,57	3,5	839,04
Junio	39,72	4,77	1,438	6,44	2,2	813,64
Julio	46,81	5,62	1,352	7,14	2,7	734,55
Agosto	72,96	8,47	1,256	10,00	4	694,77
Septiembr e	106,22	12,75	1,144	13,71	5,3	718,45
Octubre	151,17	17,56	1,028	16,96	5,7	826,78
Noviembre	188,74	22,65	0,942	20,06	7,1	784,71
Diciembre	220,48	25,60	0,916	22,05	7,7	795,39

4.1.1.6 Necesidad Mensual De Energía.

Tabla 20.- Estimación de la necesidad mensual de energía

Mes	Tª agua de red	Número días mes	Salto térmico	Consumo mensual agua a 45 °C	Necesidad mensual
	°C	días	°C	m^3	MJ
Enero	19	31	26	232,50	25.292,28
Febrero	18	28	27	210,00	23.723,28
Marzo	16	31	29	232,50	28.210,62
Abril	8	30	37	225,00	34.831,80
Mayo	10	31	35	232,50	34.047,30
Junio	9	30	36	225,00	33.890,40
Julio	7	30	38	225,00	35.773,20
Agosto	9	31	36	232,50	35.020,08
Septiembre	12	30	33	225,00	31.066,20
Octubre	14	31	31	232,50	30.156,18
Noviembre	17	30	28	225,00	26.359,20
Diciembre	18	31	27	232,50	26.265,06
Total					364.635,60

4.1.1.7 Estimación De La Superficie Colectora Necesaria.

Tabla 21.- Estimación de la superficie colectora necesaria

Mes	Rendimiento teórico de la instalación	Rendimiento real instalación	Energía solar incidente real	Pérdidas radiación solar incidente	Energía solar incidente	Superficie colectora necesaria
	%	%	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹	MJ·m ⁻² ·mes ⁻¹	m ²
Enero	68,87	58,54	12,58	8,91	390,11	64,83
Febrero	68,97	58,62	12,98	9,16	363,34	65,29
Marzo	63,83	54,25	9,15	7,71	283,61	99,47
Abril	60,71	51,60	6,39	5,99	191,64	181,76
Mayo	62,56	53,17	5,62	4,95	174,25	195,39
Junio	59,81	50,84	3,28	3,17	98,28	344,84
Julio	56,30	47,85	3,42	3,72	102,49	349,04
Agosto	57,00	48,45	4,85	5,16	150,26	233,07
Septiembre	60,24	51,20	7,02	6,69	210,55	147,55
Octubre	66,21	56,28	9,55	7,42	295,95	101,89
Noviembre	67,98	57,78	11,59	8,47	347,65	75,82
Diciembre	70,29	59,74	13,17	8,87	408,31	64,33

4.1.2 Excedente De ACS Para Cubrir Calefacción

Al haber elegido una superficie de 100 m² de colectores se obtiene el excedente o déficit mensual de energía para cubrir el 100 % de la demanda de ACS.

Tabla 22.- Estimación de la energía auxiliar necesaria, ACS Sede 1

Mes	Necesidad mensual	Energía captada	% del total	Energía Auxiliar	Energía auxiliar
	MJ	MJ	%	MJ	kW·h
Enero	25.292,28	39.011,33	154,24	-13.719,05	-3.811,15
Febrero	23.723,28	36.333,72	153,16	-12.610,44	-3.503,18
Marzo	28.210,62	28.360,55	100,53	-149,93	-41,65
Abril	34.831,80	19.164,05	55,02	15.667,75	4.352,50
Mayo	34.047,30	17.425,05	51,18	16.622,25	4.617,66
Junio	33.890,40	9.827,89	29,00	24.062,51	6.684,56
Julio	35.773,20	10.249,13	28,65	25.524,07	7.090,59
Agosto	35.020,08	15.025,85	42,91	19.994,23	5.554,40
Septiembre	31.066,20	21.054,51	67,77	10.011,69	2.781,25
Octubre	30.156,18	29.595,44	98,14	560,74	155,77
Noviembre	26.359,20	34.764,71	131,89	-8.405,51	-2.335,05
Diciembre	26.265,06	40.831,35	155,46	-14.566,29	-4.046,52
Total	364.635,60	301.643,5	82,72	62.992,01	17.499,18

4.1.2.1 Conclusiones

Los captadores solares cubren un 82,7 % de las necesidades de ACS de la instalación, teniendo excedentes de energía durante 5 de los 12 meses del año.

La necesidad de energía para ACS de la sede 1 se ha visto reducida de 364.635,6 MJ a solamente 62.992,01 MJ. Lo cual indica la viabilidad de la instalación de las placas.

Se escogen 64 colectores solares de la marca Hissuma ([HISSUMA, 2025](#)), por cumplir con las características técnicas para el diseño propuesto y por ser un distribuidor autorizado de colectores en Neuquén.

4.1.3 Dimensionamiento De Sistemas Auxiliares

4.1.3.1 Superficie De Intercambio.

Tabla 23.- Cálculo de la superficie de intercambio

Cálculo de la superficie de intercambio		
$S1 = S_{total}/3$	33,33	m ²
$S1 = S_{total}/4$	25	m ²
$S1 < \text{Superficie serpentín} < S2$	30	m ²

4.1.3.2 Pérdidas De Carga De La Instalación.

Tabla 24.- Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Cálculo de las pérdidas de carga		
Pérdidas por rozamiento		
Caudal colector	0,05	m ³ ·h ⁻¹ ·Superficie colector ⁻¹
Superficie colectores	100	m ²
Caudal circulante	5	m ³ ·h ⁻¹
Velocidad	0,350	m·s ⁻¹ (dato de gráfico)
Pérdidas por rozamiento/metro de tubería cobre	4	mm.c.a.m ⁻¹ (dato de gráfico)
Diámetro tubería	2 1/2	Inch
Longitud total del circuito	70	M
Pérdidas por rozamiento de la tubería	280	mm.c.a.
Pérdidas por piezas	56	mm.c.a.
Pérdidas de carga por paneles	200	mm.c.a.
Pérdidas de carga totales	536	mm.c.a.
Factor de corrección k para T=45 °C	1	

Pérdidas de carga corregidas	536	mm.c.a.
Corrección 10% por fluido anticongelante	589,6	mm.c.a.
Pérdidas equivalentes por metro	8,42	mm.c.a.m ⁻¹

El valor es aceptable para el tipo de instalación ya que es inferior a 40 mm.c.a.

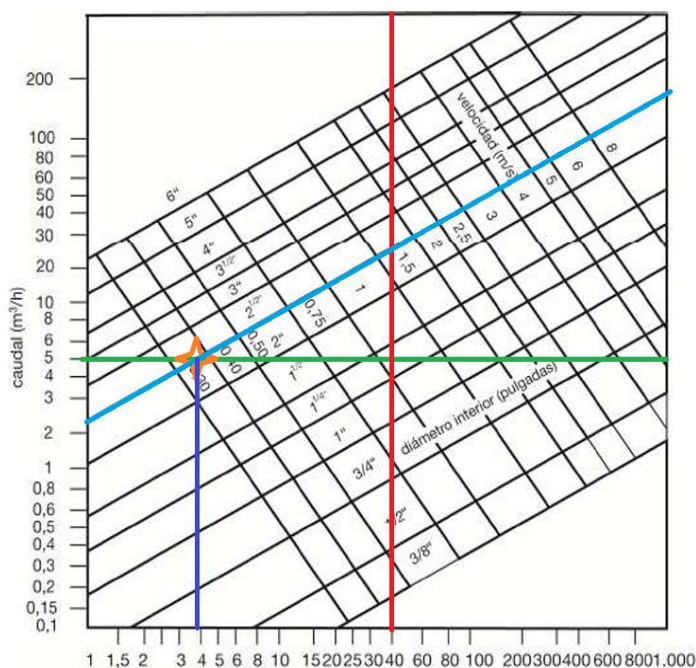


Gráfico 21.- Pérdida por rozamiento (mm.c.a.) para tubería de cobre para la sede 1 (diámetro interior en pulgadas) (Universidad Europea, 2025)

4.1.3.3 Pérdidas de carga de la instalación.

Tabla 25.- Cálculo del vaso de expansión y del volumen nominal del circuito

Cálculo del vaso de expansión		
Volumen total de los colectores	110	l
Diámetro tubería	63,50	mm
Sección tubería	3166,9	mm
	2	2
Sección tubería	0,0031	m ²
	67	
Longitud de tubería	70	m
Volumen total tubería	0,2216	m ³
	8	
Volumen total tubería	221,68	l
Vt = Volumen total	331,68	l
Volumen vaso de expansión teórico	9,62	l
Vr = Volumen vaso de expansión elegido	12,00	l

Vd = Volumen dilatación	28,19	l
Vvapor = Volumen de vapor	121,00	l
Vu = Volumen útil	161,19	l
Pvs = Presión válvula seguridad	6	bar
Pmax abs 1	6,4	bar
Pmax abs 2	6,65	bar
P atm	1	bar
P min relativa	2	bar
Pmf = Presión mínima de seguridad en frío	0,5	bar
Hest = presión estática	10	mca
Pmin abs = Patm + P min rel + 0,1·Hest + Pmf	4,5	bar
Cp = coeficiente de presión = Pmax abs/(Pmax abs-Pmin abs)	3,37	
Vn = volumen nominal = Cp·Vutil	542,97	l

4.2 Dimensionado Parte Acs - Sede 2

4.2.1 Cálculos para suplir la demanda de ACS

Tabla 26.- Obtención del número de personas y su consumo de ACS para la sede 2

Personas y consumo de agua						
LUGAR	PERSONAS	USO BAÑOS	AGUA CALIENTE	DUCHA	l/persona	l
ESTADIO FUTBOL	40	SI	SI	SI	21	840
CANCHA ENTRENAMIENTO FÚTBOL	150	SI	SI	NO	4	600
PEDANAS DE TIRO AL DISCO	6	SI	SI	NO	4	24
CANCHA HOCKEY CÉSPED	60	SI	SI	NO	4	240
OFICINA / GUARDIA	2	SI	SI	NO	4	8
CANCHA RUGBY	100	SI	SI	NO	4	400
Total	358				5,90	2112

Se obtiene por tanto un consumo diario con un factor de seguridad del 25 % de 3,902 m³, por lo que se decide adquirir 2 depósitos de 2 m³ cada uno, dando lugar a un almacenamiento de 4,0 m³, siendo necesario para el mismo una superficie de 60 m² de colectores, lo cual se transforma en una relación de 66,67 l/ m² cercana a los 75 recomendados por bibliografía.

Partiendo de la radiación incidente obtenida en la *Tabla 24.- Estimación de la intensidad radiante*, así como de los rendimientos de la instalación obtenidos en la *Tabla 26.- Estimación de la superficie colectora necesaria*, considerando los consumos para esta sede, así como su superficie de 60 m², se obtiene la energía necesaria para suplir la demanda de ACS.

4.2.2 Excedente De ACS Para Cubrir Calefacción

Al haber elegido una superficie de 60 m² de colectores se obtiene el excedente o déficit mensual de energía para cubrir el 100 % de la demanda de ACS.

Tabla 27.- Estimación de la energía auxiliar necesaria – Sede 2

Mes	Necesidad mensual	Energía captada	% del total	Energía Auxiliar	Energía auxiliar
	MJ	MJ	%	MJ	kW·h
Enero	13.489,22	23.406,80	173,52	-9.917,58	-2.755,10
Febrero	12.652,42	21.800,23	172,30	-9.147,82	-2.541,26
Marzo	15.045,66	17.016,33	113,10	-1.970,67	-547,45
Abril	18.576,96	11.498,43	61,90	7.078,53	1.966,42
Mayo	18.158,56	10.455,03	57,58	7.703,53	2.140,04
Junio	18.074,88	5.896,74	32,62	12.178,14	3.383,09
Julio	19.079,04	6.149,48	32,23	12.929,56	3.591,83
Agosto	18.677,38	9.015,51	48,27	9.661,87	2.684,07
Septiembre	16.568,64	12.632,71	76,24	3.935,93	1.093,40
Octubre	16.083,30	17.757,26	110,41	-1.673,97	-465,03
Noviembre	14.058,24	20.858,83	148,37	-6.800,59	-1.889,20
Diciembre	14.008,03	24.498,81	174,89	-10.490,78	-2.914,34
Total	194.472,32	180.986,16	93,07	13.486,16	3.746,46

4.2.3 Dimensionamiento De Sistemas Auxiliares De La Sede 2.

- Superficie de intercambio: 18 m².
- Volumen del acumulador: 4,000 m³.
- Pérdidas de carga equivalentes por metro: 8,32 mm.c.a. m⁻¹.
- Vaso de expansión teórico: 4,85 l
- Vaso de expansión elegido: 8,0 l
- Volumen nominal: 319,4 l

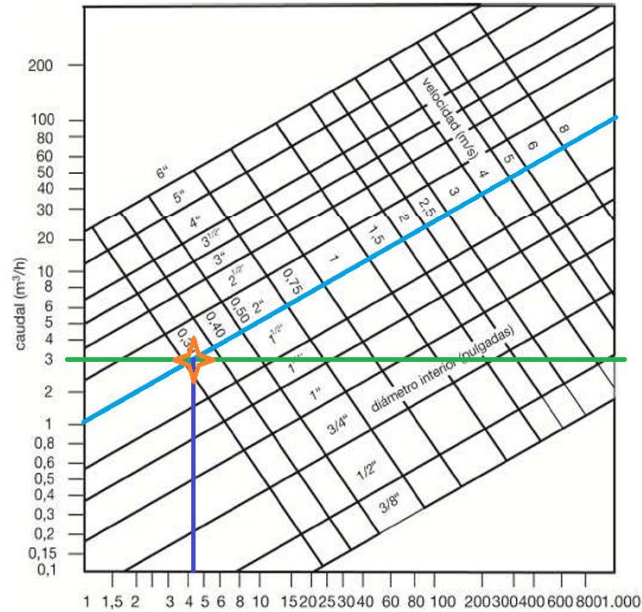


Gráfico 22.- Pérdida por rozamiento (mm.c.a.) para tubería de cobre para la sede 2 (diámetro interior en pulgadas)
(Universidad Europea, 2025)

4.3 Dimensionado Parte Biomasa

4.3.1 Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa (Calefacción, Piscina Y Acs Auxiliar Sede 1)

Una vez obtenida la energía necesaria para suplir el consumo cada uno de los meses para el ACS, así como los datos de consumo de gas natural para la SEDE 1, tanto para la piscina como para las canchas, se dimensionan las calderas de biomasa alimentadas por astillas que suplirán la demanda energética del mes con mayor demanda.

Suposiciones iniciales:

- Calor específico del Gas Natural: $11,98 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Rendimiento actual de las calderas de gas viejas: 72,5 %
- Horas de funcionamiento diarias: 16 horas/día.

4.3.2 Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa Para La Piscina Y Acs Auxiliar De La Sede 1

Tabla 28.- Dimensionamiento caldera de biomasa para ACS y piscina de la sede 1

Mes	Energía Piscina	Energía Piscina	Energía Auxiliar ACS	Energía total	días	horas	Potencia diseño
	m ³ ·mes ⁻¹	kWh·mes ⁻¹	kWh·mes ⁻¹	kWh·mes ⁻¹	Días ·mes ⁻¹	Horas ·mes ⁻¹	kW
feb-24	3392	29.457,22	-3.503,2	25.954	29	464	55,94
mar-24	4755	41.299,55	-41,65	41.257,9	31	496	83,18
abr-24	7213	62.648,51	4.352,50	67.001	30	480	139,59
may-24	11095	96.365,62	4.617,66	100.983,2	31	496	203,60
jun-24	9924	86.194,90	6.684,56	92.879,4	30	480	193,50
jul-24	11572	100.508,61	7.090,59	107.599,1	31	496	216,93
ago-24	14502	125.957,12	5.554,40	131.511,5	31	496	265,14
sep-24	7148	62.083,95	2.781,25	64.865,2	30	480	135,14
oct-24	7348	63.821,05	155,77	63.976,8	31	496	128,99
nov-24	6768	58.779,99	-2.335	56.444,9	30	480	117,59
dic-24	2362	20.515,15	-4.046,5	16.468,6	31	496	33,20
ene-25	3450	29.961,50	-3.811,1	26.150,3	31	496	52,72
feb-25	3097	26.898,91	-3.503,2	23.395,7	28	448	52,22

De la tabla anterior se observa que el mes con mayor demanda energética es agosto, el cual demanda una caldera de 265 kW de potencia nominal, eligiendo el modelo ECO-HK 300 de HARGASSNER (HARGASSNER, 2025) como caldera a adquirir.

Dicha caldera tiene una potencia mínima de funcionamiento de 89,7 kW, superior al consumo energético de algunos meses, pero como se necesitarán otras calderas para la calefacción de las canchas de vóley y básquet se podrán interconectar para que ayude a la calefacción de las canchas.

4.3.3 Dimensionamiento De La Caldera De Biomasa Para Las Canchas De La Sede 1

Tabla 29.- Dimensionamiento caldera de biomasa para las canchas de la sede 1

Mes	Energía Calderas	Energía Calderas	días	horas	Potencia diseño
	$\text{m}^3 \cdot \text{mes}^{-1}$	$\text{kWh} \cdot \text{mes}^{-1}$	$\text{Días} \cdot \text{me}^{-1}$	$\text{Horas} \cdot \text{me}^{-1}$	kW
feb-24	0	0,00	29	464	0,00
mar-24	3170	27.533	31	496	55,51
abr-24	7213	62.648,5	30	480	130,52
may-24	22190	192.731,3	31	496	388,57
jun-24	19848	172.389,8	30	480	359,15
jul-24	23144	201.017,2	31	496	405,28
ago-24	29004	251.914,2	31	496	507,89
sep-24	7148	62.083,9	30	480	129,34
oct-24	4899	42.547,37	31	496	85,78
nov-24	3384	29.389,99	30	480	61,23
dic-24	0	0,00	31	496	0,00
ene-25	0	0,00	31	496	0,00
feb-25	0	0,00	28	448	0,00

Al igual que en el caso de ACS + Piscina el mes que tiene una mayor demanda de energía es agosto con una potencia de diseño de 507 kW, para suplir esta demanda se decide adquirir dos calderas una de 300 kW y otra de 250 kW de potencia nominal, modelos ECO-HK 250 y ECO-HK 300 del fabricante HARGASSNER (HARGASSNER, 2025).

4.4 Cálculo De La Solución Demanda Eléctrica De Los Edificios Y Canchas

Para cubrir los consumos eléctricos demandados por el club se tomará principalmente la tecnología solar fotovoltaica para el autoconsumo.

4.4.1 Dimensionamiento De La Superficie De Paneles Fotovoltaicos

La instalación de la planta fotovoltaica para el autoconsumo se realizará en ambas sedes del Club, con el fin de tratar de cubrir las demandas particulares de cada una de estas.

La planta estará conectada a la red, con la cual tendrá una interacción dinámica en la cual inyectará sus excedentes energéticos durante el día y durante la noche la red se encargará de suplir el suministro eléctrico solicitado por el club.

Con base en la Tabla 35.- Consumos eléctricos del club se tienen los consumos eléctricos del club, los cuales serán utilizados para plantear el autoconsumo requerido en PVSyst y así obtener un dimensionamiento adecuado para abastecer las instalaciones.

Tabla 30.- Consumos eléctricos del club

Periodo	Energía Sede 2	Energía Sede 1	Energía Total
	KWh/mes	KWh/mes	KWh/mes
24-mar	5151,9	1081,5	6233,4
abr-24	5292,3	1123,9	6416,2
24-may	6793,0	1359,4	8152,4
24-jun	6294,6	1141,7	7436,3
24-jul	6458,4	1389,2	7847,6
ago-24	5813,3	1681,4	7494,7
24-sep	4725,2	1155,4	5880,6
24-oct	4719,0	1068,6	5787,6
24-nov	4527,1	857,5	5384,6
dic-24	4457,7	662,2	5119,9
ene-25	4754,9	662,6	5417,4
25-feb	5852,3	788,6	6640,9

A continuación, se muestran los detalles de diseño para obtener los resultados de simulación de la aplicación PVSyst, para más detalle se puede remitir al Anexo 6.4. del proyecto.

✕ Orientación #1 - Ajuste de inclinación estacional, verano 30.0°, invierno 60.

Tipo de campo

Ajuste de inclinación estacional

Nombre

Ajuste de inclinación estacional, verano 30.0°, invierno 60.0°

Parámetros del campo

Indin. de verano 30.0

Indin. del invierno 60.0

Azimet 0.0

Meses de invierno

☐ Ene ☒ May ☒ Sep

☐ Feb ☒ Jun ☐ Oct

☐ Mar ☒ Jul ☐ Nov

☒ Abr ☒ Ago ☐ Dic

Incl. S=30.0°/W=60.0°

Invierno

Verano

Ilustración 32.- Orientación estacional de los paneles. (PVSyst, 2025)

Se tomaron dos inclinaciones de los paneles de acuerdo con la estación del año, definiendo 30° para verano y 60° para invierno como se ve en la Ilustración 49.- Orientación estacional de los paneles. (PVSyst, 2025), para ambas instalaciones.

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Esta inclinación se eligió con base en el horizonte para distintos momentos del año, planteado por la aplicación de acuerdo con la ubicación propuesta *Ilustración 50.- Línea de horizonte – hora legal.* (PVSyst, 2025)

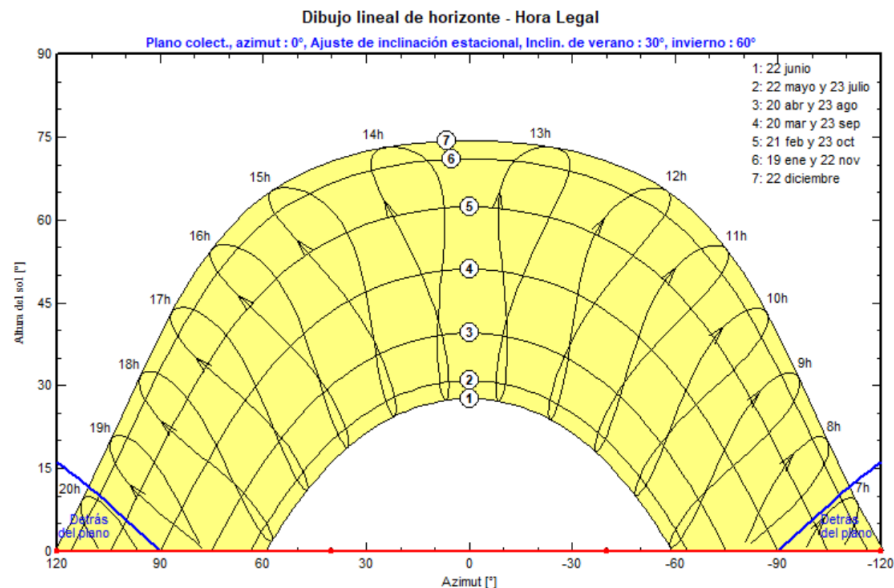


Gráfico 23.- Línea de horizonte – hora legal. (PVSyst, 2025)

Se seleccionaron módulos e inversores de la misma marca, BYD (véase Ilustración 50) para garantizar compatibilidad y además por la buena reputación y tecnología que ofrece este fabricante.

Seleccione la orientación

Orientación: **Ajuste de inclinación estacional, verano 30.0°, invierno 60.**

Ayuda de pre-dimensionamiento

☒ Sin dimensionamiento ☐ Potencia planeada kWp ☐ o área disponible m²

Seleccione el módulo FV

Disponible ahora: Todos los módulos F

BYD: 285 Wp 27V Si-mono BYD-285-M6K-30 Desde 2020 Datasheets 2020

☐ Usar optimizador

Dimensiona. voltaje : Vmpp (60°C) **27.8 V**
Voc (-10°C) **42.4 V**

Seleccione el inversor

Disponible ahora: Voltaje de salida 230 V 50Hz ☒ 50 Hz ☒ 60 Hz

BYD: 3.0 kW 160 - 400 V TL 50 Hz BSG3000TL-E Desde 2010

Núm. de inversores: ☒ Voltaje de funcionamiento: **160-400 V** Poder global inversor **3.0 kWca**
Voltaje máximo de entrada: **500 V** **inversor con 2 MPPT**

Ilustración 33.- Selección de Paneles e inversor para el diseño en software PVSyst. (PVSyst, 2025)

La simulación entrega las siguientes configuraciones de paneles e inversores para lograr una potencia pico de 3,14 y 13,68 kW para la sede 1 y 2, respectivamente, en condiciones de irradiancia de 1000 W/m² y 50°C. Para más claridad se tiene el siguiente diagrama unifilar:

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

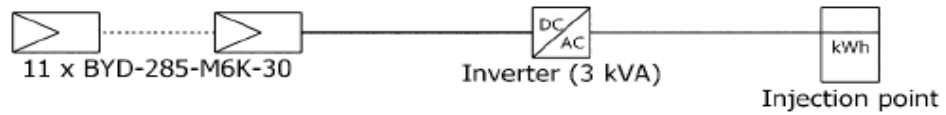


Ilustración 34.- Diagrama unifilar Sede 1 (PVSystem, 2025)

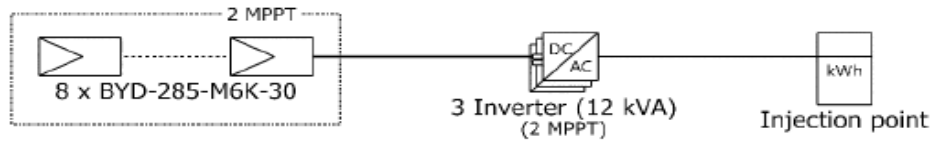


Ilustración 35.- Diagrama unifilar Sede 2 (PVSystem, 2025)

Con base en el autoconsumo propuesto. Se obtuvo de la simulación la siguiente distribución energética:

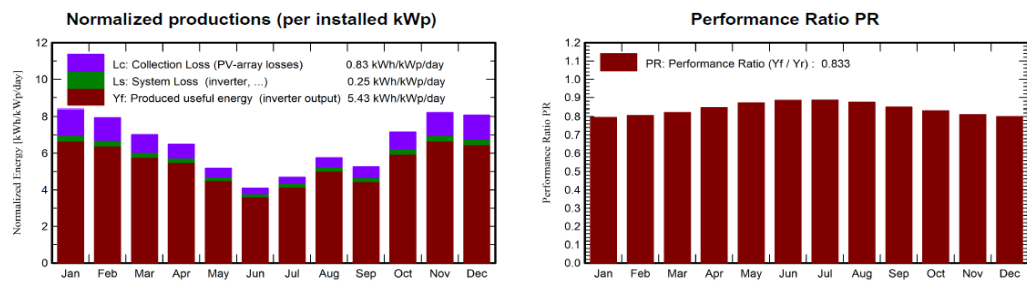


Gráfico 24.- Producción normalizada por kWp instalado y ratio de rendimiento (a) Sede 1 (PVSystem, 2025)

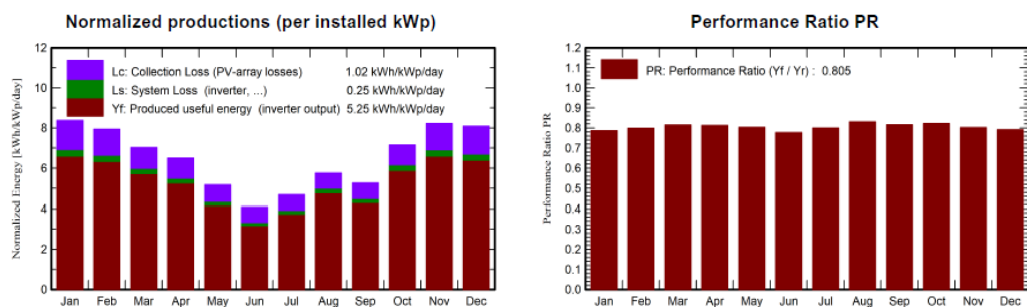


Gráfico 25.- Producción normalizada por kWp instalado y ratio de rendimiento (b) Sede 2 (PVSystem, 2025)

Tabla 31.- Tabla resumen de la producción del parque solar Sede 1. (PVSyst, 2025)

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	270.7	41.68	24.02	260.0	253.7	679	663	299	350	364
February	207.6	36.87	22.42	222.5	217.9	589	789	328	234	461
March	176.3	34.67	21.23	217.9	213.8	587	1081	407	154	674
April	124.0	28.31	17.52	195.0	192.8	540	1124	396	121	727
May	82.6	21.91	11.10	160.8	159.5	459	1359	377	62	983
June	58.6	19.83	8.38	122.7	121.9	357	1142	275	65	866
July	72.3	22.44	7.34	145.6	144.5	424	1389	354	51	1036
August	106.6	28.03	8.35	178.5	176.7	512	1681	466	24	1216
September	125.1	32.20	11.40	158.0	154.9	441	1155	327	93	828
October	199.3	46.44	15.17	222.1	217.7	607	1069	402	177	666
November	248.2	41.99	20.35	246.6	241.2	657	857	368	260	490
December	266.7	49.43	22.94	250.6	244.3	659	662	297	332	365
Year	1938.0	403.78	15.81	2380.4	2338.8	6510	12972	4296	1923	8676

Tabla 32.- Tabla resumen de la producción del parque solar Sede 2. (PVSyst, 2025)

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	270.7	41.68	24.02	260.0	250.6	1957	4755	1727	140.2	3028
February	207.6	36.87	22.42	222.5	215.3	1697	5852	1621	0.0	4232
March	176.3	34.67	21.23	217.9	211.5	1695	5152	1591	29.2	3561
April	124.0	28.31	17.52	195.0	184.5	1509	5292	1444	1.0	3848
May	82.6	21.91	11.10	160.8	146.6	1233	6793	1179	0.0	5614
June	58.6	19.83	8.38	122.7	106.2	913	6295	870	0.0	5424
July	72.3	22.44	7.34	145.6	129.8	1114	6458	1063	0.0	5396
August	106.6	28.03	8.35	178.5	167.3	1416	5813	1353	0.3	4460
September	125.1	32.20	11.40	158.0	148.5	1235	4725	1134	42.1	3591
October	199.3	46.44	15.17	222.1	215.0	1746	4719	1533	133.2	3186
November	248.2	41.99	20.35	246.6	238.2	1891	4527	1647	159.0	2880
December	266.7	49.43	22.94	250.6	241.1	1898	4458	1630	180.7	2828
Year	1938.0	403.78	15.81	2380.4	2254.7	18305	64840	16791	685.8	48048

Donde a grandes rasgos, anualmente vemos que el club demanda aproximadamente 77 MWh de energía, de los cuales 21 MWh son suplementados por la planta solar fotovoltaica, y 56 MWh son requeridos de la red, teniendo en cuenta que 2 MWh son vendidos a la red en forma de excedentes energéticos, abaratando así el costo de la electricidad consumida desde la red.

Es importante notar que en los meses de verano se obtiene un mejor balance entre planta y red ya que la producción solar es mayor y el consumo energético del club disminuye. Además, se resalta que el diseño fue realizado de manera que no se inyectase mucha energía a la red desde la planta solar, ya que el objetivo es el autoconsumo y se prefiere evitar posibles sobrecargas al sistema eléctrico debido a excedentes energéticos inutilizables o violaciones de las normativas referentes a los generadores distribuidos.

A continuación, para más claridad se muestran los diagramas de pérdidas proporcionados por la aplicación:

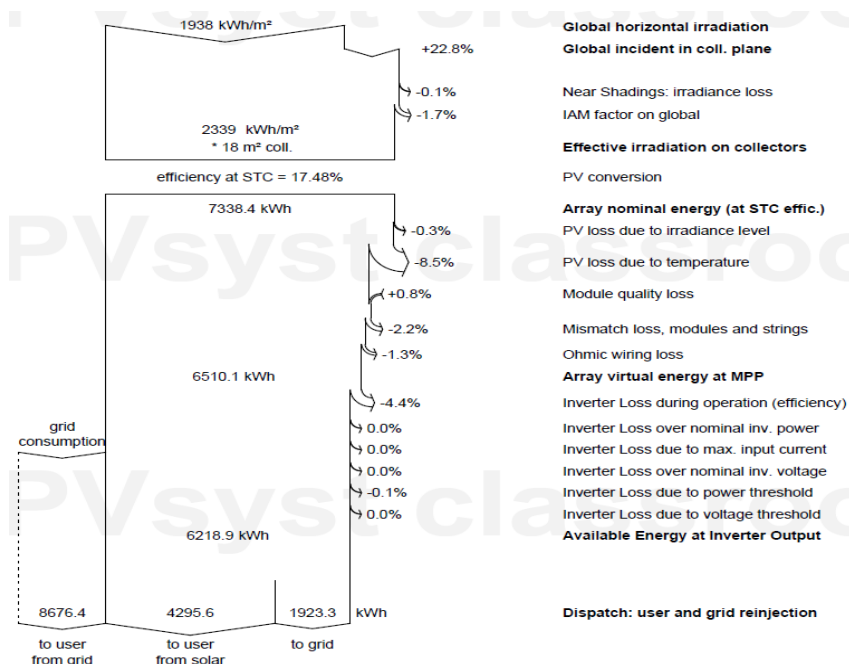


Ilustración 36.- Diagrama de pérdidas y energía producida Sede 1. (PVsyst, 2025)

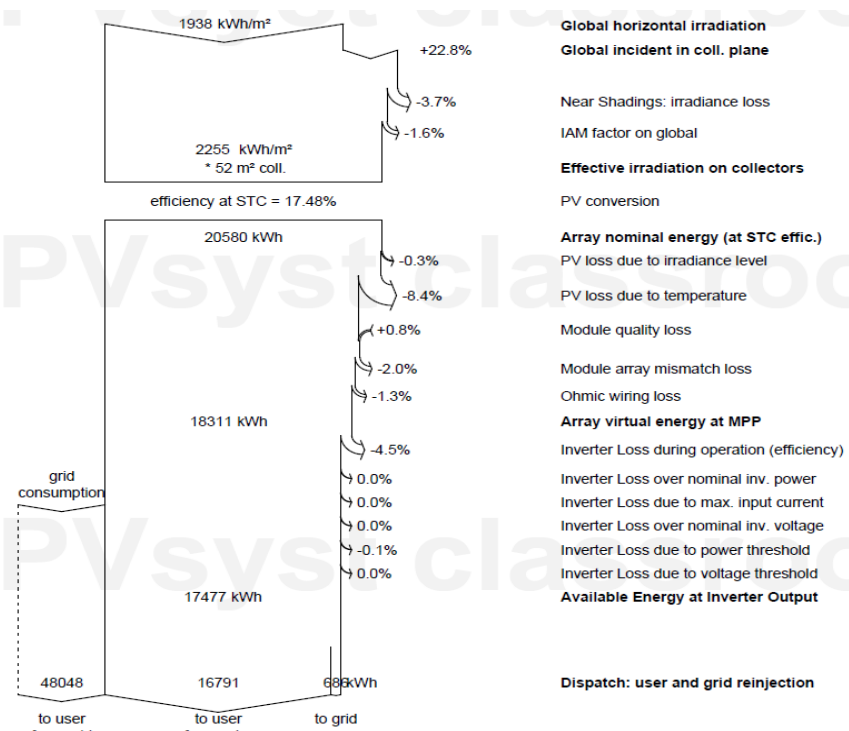


Ilustración 37.- Diagrama de pérdidas y energía producida Sede 2. (PVsyst, 2025)

De este dimensionamiento se puede concluir que las plantas solares resultan un apoyo sustancial al consumo energético del club, pero la diferencia entre las horas pico de generación y consumo hacen que no se pueda aprovechar al máximo la energía producida por las instalaciones. Este problema podría verse solucionado agregando un almacenamiento, aunque esto represente un aumento en la inversión y gastos de la instalación en los cuales debiera incurrir el club, por lo cual sería imperativa la ayuda gubernamental y los incentivos para que el proyecto sea económicamente viable.

Las instalaciones fotovoltaicas para las dos sedes quedarían ubicadas como se muestra a continuación:

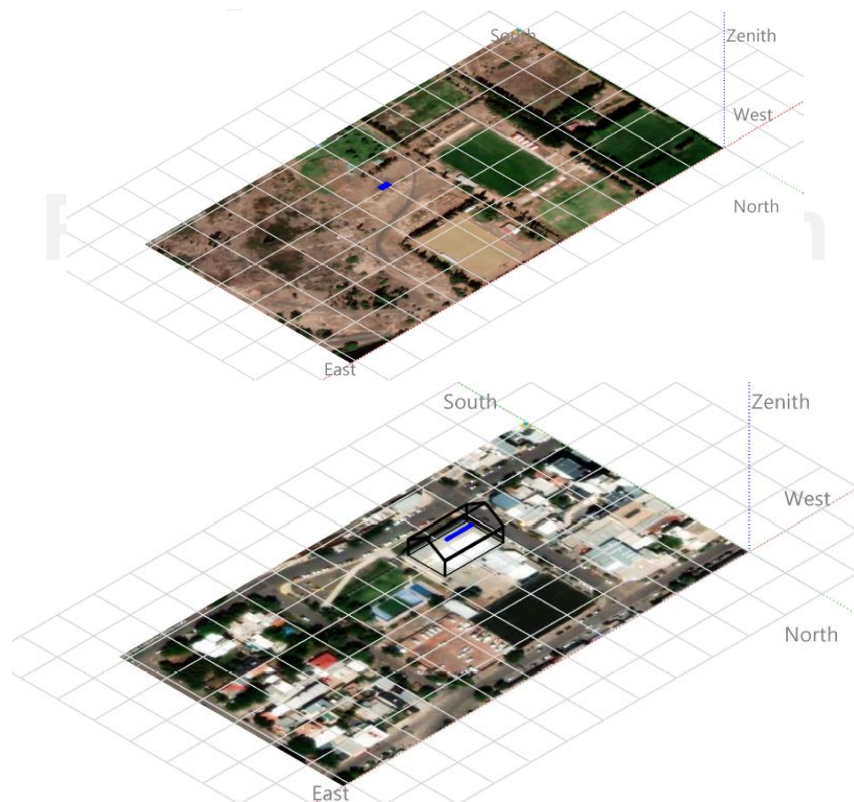


Ilustración 38.- Ubicación de las instalaciones fotovoltaicas en Sede 1 (abajo) y 2 (arriba) del club (PVsyst, 2025)

Se resalta la ventaja de no contar con sombreados cercanos que afecten negativamente a la producción solar y el poco espacio ocupado de las instalaciones fotovoltaicas en los terrenos del club. Es importante tener en cuenta que, para el diseño de la planta, se debe tener en cuenta los espaciados entre las líneas de paneles fotovoltaicos para que entre ellos no causen sombreados y dañen su productividad, sobre todo en invierno que las inclinaciones son más pronunciadas, de acuerdo con el pliego del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2009).

4.4.2 Dimensionamiento Del Aerogenerador

A partir del análisis de los datos de velocidad del viento presentados en el capítulo 3, se obtiene una base sólida para determinar el tipo de generador eólico más adecuado. Considerando que la velocidad media registrada es de 1.2 m/s, se procede a seleccionar el aerogenerador que mejor se ajuste a dichas condiciones.

4.4.2.1 Cálculo De La Energía Eólica Producida

A partir de los datos obtenidos del Global Wind Atlas, se elaboró la siguiente tabla que presenta la estimación de la energía anual generada, considerando distintos niveles de certeza expresados en percentiles. En este estudio, se ha optado por adoptar un enfoque conservador, por lo que se ha tomado como referencia el percentil 100 (P100).

Tabla 33.- Datos de Energía generada anual vs Percentiles (Global Wind Atlas)

Energía Kwh	Percentil
489.8	2
428.2	6
386.0	10
370.7	12
349.9	16
331.7	20
317.0	24
305.7	28
299.5	30
287.3	34
278.1	38
273.0	40
263.4	44
255.9	48
251.3	50
242.7	54
236.2	58
232.5	60
224.8	64
218.7	68
215.0	70
207.9	74
202.4	78
199.2	80
193.2	84
188.5	88
185.8	90
180.7	94
176.6	98
174.01	100

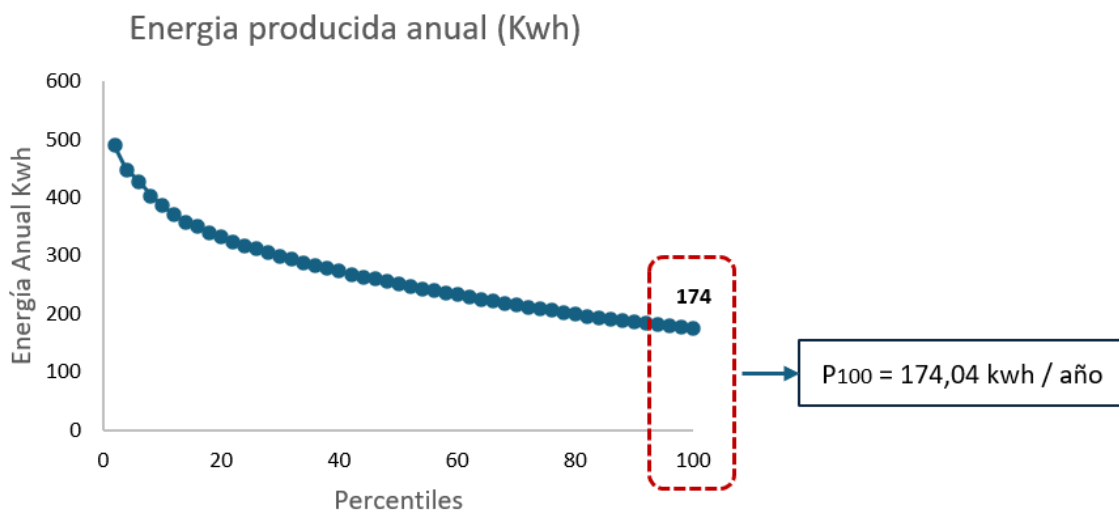


Gráfico 26.- Energía producida anual vs Percentiles

4.4.2.2 Selección Del Aerogenerador

En la siguiente tabla comparativa se observa que el aerogenerador tipo Savonius se presenta como la opción más adecuada, debido a su baja velocidad de arranque y menor costo de implementación. Dado que la energía eólica disponible en el sitio es limitada, resulta necesario incorporar el factor económico en nuestra selección.

Tabla 34.- Comparativa de aerogeneradores comerciales

Tipo	Característica	Velocidad de Arranque
Savonius	Arranque con vientos muy bajos, simple y robusta	Mayor a 1.2 m/s
Giromill	Mejor rendimiento que Savonius	Mayor a 3 m/s
Darrieus	Alta eficiencia, pero necesita mayor velocidad de viento.	Mayor a 4 m/s

Tabla 35.- Modelos de aerogenerador Savonius de la marca R&X Energy (R&X Energy, 2025)

Model	RX-TL600	RX-TL1000	RX-TL2000	RX-TL3000	RX-TL5000	RX-TL10K
Rated Power	600W	1KW	2KW	3KW	5KW	10KW
Max Power	650W	1100W	2100W	3200W	5200W	10500W
Blades Length	0.65M	0.65M	1.2M	1.7M	2.0M	2.0M
Wheel Diameter	0.5M	0.5M	0.7M	1.0M	1.2M	1.2M
Rated Voltage	12~24V	12~48V	12~48V	24V~96V	48V~220V	48V~220
Start Up Speed	1.2m/s	1.5m/s	1.5m/s	2.0m/s	2.0m/s	2.0m/s
Rated Speed	12m/s	12m/s	12m/s	12m/s	12m/s	12m/s
Cut-in Speed	3.5m/s	3.5m/s	4.0m/s	4.0m/s	4.0m/s	4.0m/s
Survival Speed	40m/s	40m/s	45m/s	45m/s	45m/s	45m/s

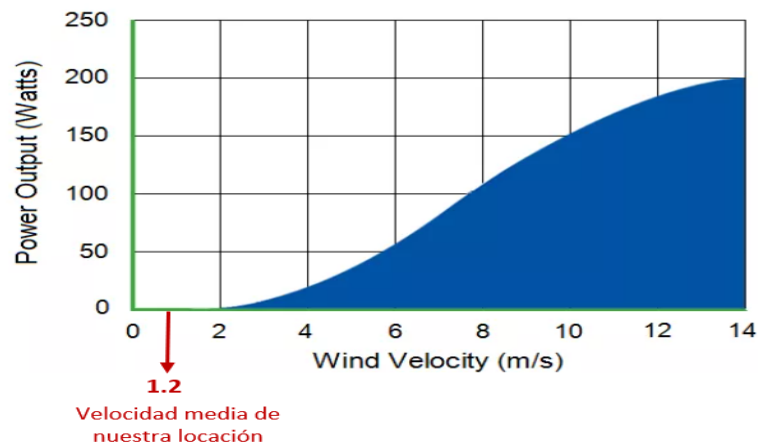
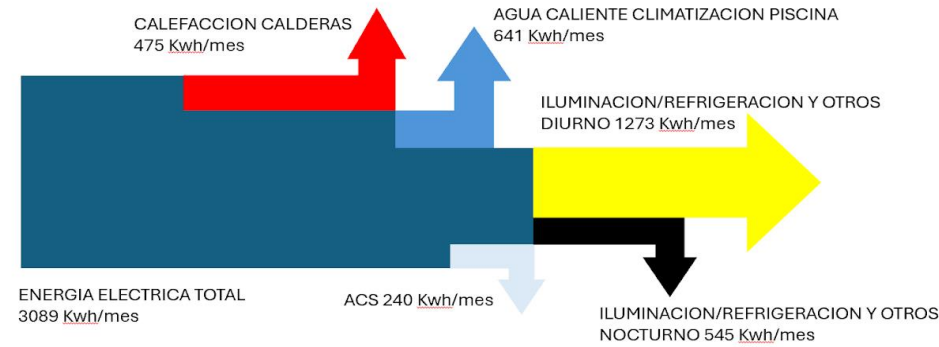


Gráfico 27.- Potencia del aerogenerador Savonius en función de la velocidad

A partir del análisis realizado, se determinó que el aerogenerador vertical seleccionado para la ubicación evaluada tiene una producción estimada de 174 kWh anuales, lo que equivale a un promedio mensual de 14.5 kWh. Sin embargo, debido a que la velocidad media del viento registrada es de 1.2 m/s, no se garantiza una generación continua de energía a lo largo del tiempo.

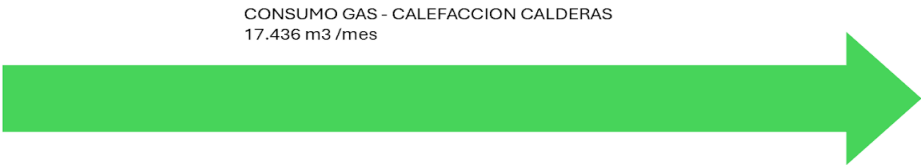
4.5 Aporte De Las Fuentes Renovables

A modo de resumen final se muestra en los siguientes gráficos como es el esquema actual de necesidad de energía en cada sede, versus el reemplazo con energías renovables al final del proyecto.



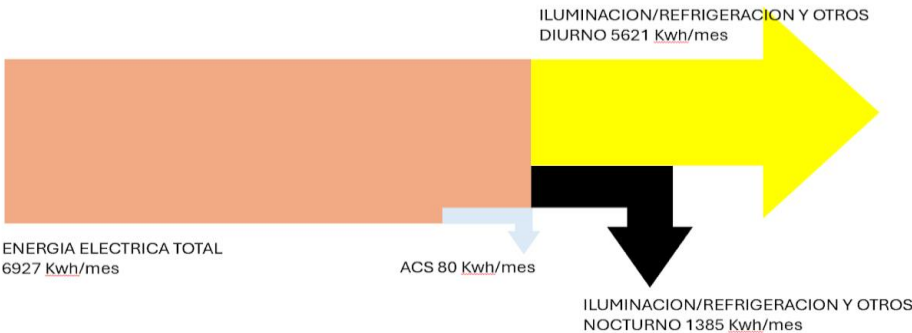
CONSUMOS SEDE 1 – PROMEDIO AÑO – ENERGIA ELECTRICA
MARZO 2024 / FEBRERO 2025

Ilustración 39.- Consumos eléctricos Sede 1, promedio del año típico¹¹



CONSUMOS SEDE 1 – PROMEDIO AÑO – GAS NATURAL DE RED
MARZO 2024 / FEBRERO 2025

Ilustración 40.- Consumo de Gas Natural Sede 1, promedio del año típico



CONSUMOS SEDE 2 – PROMEDIO AÑO – ENERGIA ELECTRICA
MARZO 2024 / FEBRERO 2025

Ilustración 41.- Consumos eléctricos Sede 2, promedio del año típico

¹¹ Consumos promedio estacionales en Anexo 1

4.6 Descripción Del Circuito General Y Cálculo Económico

Tabla 36.- Cálculo económico para llevar a cabo el proyecto.

Item	Costos [EUR]
Total Ingeniería	423,07
Obra civil y mecánica	6.423,53
Obra eléctrica	4.221,61
Paneles fotovoltaicos	6.110,00
Coletores solares/Vaso de expansión	28.617,75
Caldera de Biomasa	7.892,09
Turbina eólica	600,00
Total Presupuesto	63.511,56
Impuestos y transporte	12.702,31
Total Presupuesto + Impuestos y transporte	76.213,87

Tabla 37.- Periodo de retorno de la inversión

Periodo de retorno	[EUR]
Total Presupuesto	76.213,87
Total consumos del club	80.100,00
Total de consumos del club con pago de energía a la red	64.080,00
Periodo de retorno	1,19

El presente análisis económico tiene como objetivo ofrecer una estimación preliminar de la viabilidad del proyecto, sin constituir un presupuesto formal. Dado el contexto macroeconómico de Argentina —caracterizado por alta inflación, variaciones en el tipo de cambio, restricciones a las importaciones y modificaciones constantes en políticas energéticas— los costos considerados deben interpretarse como orientativos.

Se ha utilizado el Período de Retorno como principal indicador de evaluación, debido a la imposibilidad de construir un flujo de caja confiable en la situación actual del club. Herramientas como el VAN o la TIR, si bien más completas, requieren de información que no se encuentra disponible en esta etapa.

Los costos se basan en los valores energéticos pagados por la institución durante el último año, aunque estos han estado influenciados por subsidios y cambios regulatorios, lo cual dificulta aún más una evaluación precisa. Esta situación es representativa de los desafíos que enfrentan actualmente muchos proyectos de energías renovables en el país.

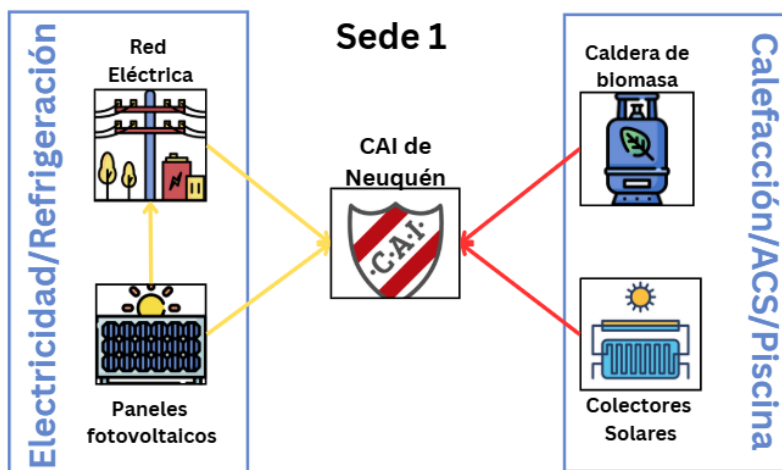


Ilustración 42.- Aportes de energías renovables (Sede 1)

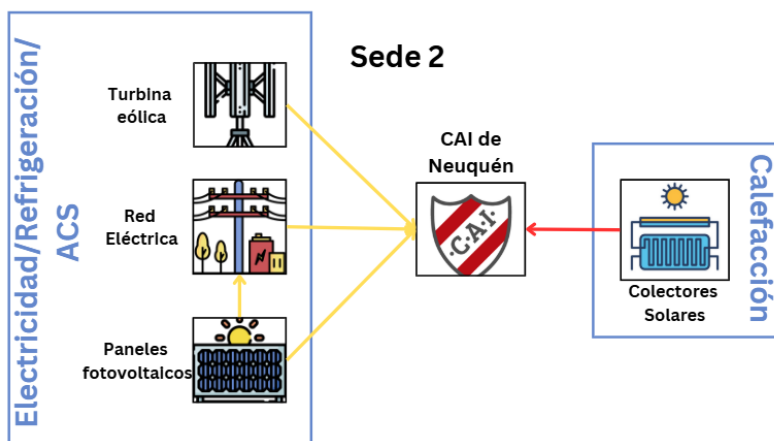
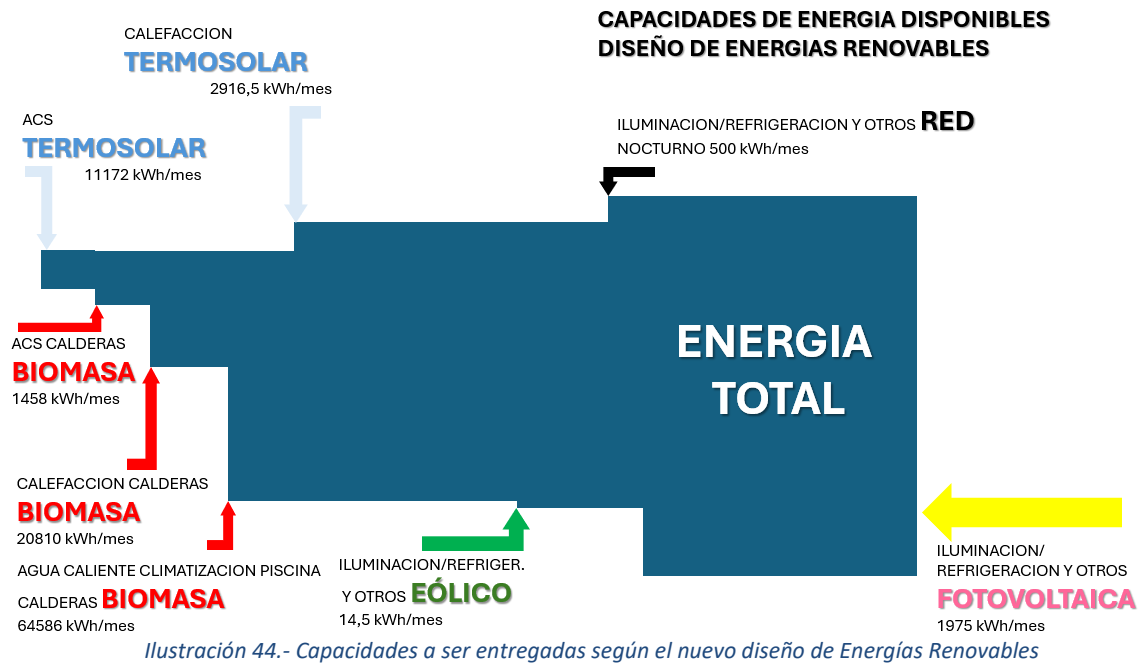


Ilustración 43.- Aportes de energías renovables (Sede 2)

La matriz energética propuesta para el club se presenta en la *Ilustración 61 y 62.- Aportes de energías renovables a cada una de las sedes*, diferenciando las soluciones adoptadas para cada una de las sedes que conforman el complejo deportivo. En la sede 1, los requerimientos energéticos para los sistemas de refrigeración y suministro eléctrico se satisfacen mediante paneles solares fotovoltaicos y la conexión a la red eléctrica. A su vez, la calefacción, el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) y el calentamiento de la piscina son provistos por colectores termosolares y una caldera de biomasa. En la sede 2, los servicios de electricidad, refrigeración y ACS son cubiertos mediante una combinación de paneles fotovoltaicos, una turbina eólica y la red eléctrica, mientras que el sistema de calefacción de las instalaciones se complementa con colectores solares. Se muestra la Ilustración XX para una visión global de las capacidades del diseño.



El esquema presentado tiene por objeto ilustrar gráficamente los aportes estimados de cada tecnología al consumo energético del club tomado como ejemplo. Cabe destacar que el mismo no se encuentra a escala y tiene fines meramente explicativos, con el propósito de visualizar la transformación energética propuesta.

Los valores expresados en unidades de kWh/mes corresponden a las capacidades teóricas de los sistemas diseñados. No obstante, dichos valores no deben considerarse sumatorios ni como un suministro garantizado, ya que no contemplan factores como la variabilidad mensual, las condiciones estacionales, los coeficientes de utilización, ni la simultaneidad en los consumos, entre otros aspectos relevantes.

5 CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones Técnicas

En líneas generales, la solución implementada reduce la dependencia del club de la red eléctrica de manera efectiva, con lo que genera intrínsecamente un ahorro en los costos operativos.

De manera adicional por ser primordialmente la energía de la red proveniente de combustibles fósiles, la implementación de esta solución renovable no solo tiene un impacto positivo en los costos operativos del club, sino también en su huella de carbono, disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoya la transición hacia un modelo energético más sostenible.

También de acuerdo con las tecnologías empleadas se tienen estas otras ventajas que se detallan a continuación:

- **Reemplazo de ACS con sistemas termo solares:** La implementación de paneles solares térmicos para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) ha demostrado ser una opción técnica y económicamente viable. Los sistemas termo solares seleccionados no solo cumplen con la demanda de ACS del club barrial, sino que también optimizan el uso de la energía solar para el calentamiento del agua de la piscina.
- **Sustitución de calefacción por calderas de biomasa:** La implementación de calderas de biomasa como fuente de calefacción ha sido evaluada como una alternativa energética sostenible. Este sistema, basado en la quema de residuos forestales, o residuos orgánicos de la industria alimenticia, permite sustituir las calderas tradicionales alimentadas por combustibles fósiles, contribuye a la economía circular, a la gestión de residuos incrementando la sostenibilidad del club e incluso disminuyendo los riesgos de incendios forestales ya que utiliza material descartado acopiado en zonas sensibles de incidentes.
- **Generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos:** La instalación de paneles solares fotovoltaicos ha demostrado ser una solución eficiente para cubrir la demanda de energía eléctrica para iluminación, refrigeración y otros servicios eléctricos del club. El análisis técnico revela que el sistema fotovoltaico propuesto es capaz de generar una cantidad significativa de energía durante las horas de sol. La eficiencia de los paneles solares ha sido optimizada con un diseño que tiene en cuenta la orientación, inclinación y superficie disponible (sobre techos o en suelo dependiendo de las capacidades y espacio de cada sede).
- **Ahorro energético mediante la integración de Mini generadores eólicos:** La inclusión de Mini generadores eólicos como complemento al sistema fotovoltaico representa una solución innovadora para el suministro de energía durante la noche o en

momentos de baja radiación solar. El análisis realizado muestra que, si bien la energía eólica no es suficiente para cubrir toda la demanda nocturna, su integración reduce aún más la dependencia de la red eléctrica, lo que hace que el sistema híbrido (solar y eólico) sea más resiliente y eficiente, favoreciendo la autosuficiencia energética del club.

En definitiva, técnicamente a través de la combinación de fuentes renovables, el club barrial podrá reducir de manera significativa su consumo de energía de la red, alcanzando una mayor autonomía energética. El sistema fotovoltaico, en conjunto con la generación eólica, permite cubrir una parte sustancial de la demanda eléctrica durante el día, mientras que el uso de calderas de biomasa y termosolar cubren las necesidades térmicas. Solo un pequeño porcentaje de la demanda energética se seguirá abasteciendo desde la red, especialmente durante las horas nocturnas en las que la energía solar y eólica no son suficientes.

Queda el análisis económico como el punto a resolver ya que este proyecto en la actualidad es muy sensible al país en el que se aplique, a mediano y largo plazo, se espera que la inversión inicial en estas tecnologías se recupere a través de los ahorros en costos energéticos y el aumento en la eficiencia operativa, pero además este tipo de proyectos sea más valorado por las conclusiones generales que se detallan en el punto siguiente.

5.2 Conclusiones Generales

5.2.1 Impacto Social Y Educativo En La Comunidad.

El proyecto implementado en el club barrial no solo ofrece beneficios técnicos y económicos, sino que también tiene un impacto positivo en la comunidad local, especialmente en los niños que participan en las actividades del club. Al operar con energías renovables, el club se convierte en un ejemplo tangible de sostenibilidad y eficiencia energética. Los niños, al ser testigos del uso responsable de las energías limpias en su entorno, tienen la oportunidad de aprender y educarse sobre el cuidado del medio ambiente y el consumo responsable de energía, lo que refuerza el mensaje de sostenibilidad en su formación. Este enfoque tiene un **efecto multiplicador** que podría influir positivamente en las futuras generaciones, fomentando una cultura de conciencia ambiental.

5.2.2 Reinversión De Ahorros En Mejoras Del Club.

Gracias a la reducción de costos energéticos derivados de la implementación de tecnologías renovables, el club puede redirigir los ahorros en facturas de electricidad hacia nuevas inversiones y mejoras en las instalaciones. Este modelo no solo reduce la carga económica de los socios, sino que también permite al club destinar recursos a la expansión de sus actividades y servicios, fortaleciendo su papel en la comunidad y ofreciendo más oportunidades a los niños y adultos que participan en sus programas.

5.2.3 Modelo Replicable En Otros Contextos

Aunque el proyecto se diseñó específicamente para un club barrial en Neuquén, Patagonia Argentina, las soluciones adoptadas tienen un alto potencial de extrapolación a otras localidades, tanto dentro del país como en otros países de América Latina y Europa. La clave del modelo radica en su **flexibilidad tecnológica**, que permite adaptarse a las condiciones climáticas, geográficas y económicas de cada región. A continuación, se detallan ejemplos concretos de cómo esta adaptación podría realizarse:

- **Región de Cuyo (Argentina):** Esta zona, que abarca provincias como Mendoza, San Juan y San Luis, se caracteriza por tener una de las **mayores radiaciones solares** del país. En este caso, sería especialmente conveniente priorizar la instalación de **sistemas fotovoltaicos** y **paneles solares térmicos**, aprovechando el alto nivel de irradiación para cubrir tanto el consumo eléctrico como el agua caliente sanitaria (ACS) y el calentamiento de piscinas. Además, debido al clima seco y la escasez de biomasa local en algunas zonas, esta última fuente tendría una participación secundaria salvo que se acceda a residuos agrícolas o forestales locales.
- **Perú:** La diversidad geográfica de Perú permite múltiples combinaciones. En la **costa** (por ejemplo, Lima), donde hay alta radiación solar, sería adecuado un enfoque similar al de Cuyo, con predominancia de **sistemas solares**. En cambio, en la **sierra andina** (Cusco, Arequipa), donde hay importantes recursos de biomasa y vientos constantes en zonas altas, se podría complementar con **calderas de biomasa** para calefacción y **Mini generadores eólicos**. En la **Amazonía**, la alta disponibilidad de residuos orgánicos haría de la biomasa una opción central, especialmente para calefacción de espacios cerrados o generación de agua caliente.
- **Colombia:** En Colombia, la ubicación cercana al ecuador permite una **irradiación solar constante durante todo el año**, lo que convierte a la **energía solar** en una opción ideal para prácticamente todo el territorio. En las **zonas rurales o de montaña**, donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado, los sistemas híbridos con **solar y minieólica** pueden garantizar un suministro más estable. Además, la rica biodiversidad y abundancia de residuos agrícolas (como los del café, caña de azúcar o palma) hacen que la **biomasa** también sea una fuente viable, especialmente en regiones como el Eje Cafetero y los Llanos.
- **La Mancha (España):** Esta región cuenta con **amplios recursos eólicos y solares**, lo que la convierte en un lugar ideal para sistemas **híbridos solar-eólico**. Las grandes extensiones de terreno y la buena irradiación hacen que tanto los **paneles fotovoltaicos** como los **generadores eólicos** puedan funcionar con alto rendimiento. Además, el aprovechamiento de **biomasa agrícola**, proveniente de viñedos y olivares, representa una excelente oportunidad para complementar la generación térmica (ACS y calefacción). Dado el compromiso de España con la transición energética, también existe un **marco legal favorable** para este tipo de instalaciones en clubes sociales o deportivos.

Esta capacidad de adaptarse a distintos climas, recursos y condiciones regulatorias hace que el modelo desarrollado sea **escalable y replicable**, beneficiando a clubes comunitarios, centros sociales y deportivos en distintas partes del mundo. La elección adecuada de tecnologías en función del **emplazamiento geográfico** garantiza una mayor eficiencia, sostenibilidad y retorno de la inversión, al tiempo que se multiplica el impacto social y educativo del proyecto.

5.2.4 Posibles Incentivos Y Apoyo Gubernamental

A nivel gubernamental, la adopción de energías renovables en instituciones comunitarias como los clubes barriales debería ser incentivada mediante **políticas públicas y leyes** que promuevan la sostenibilidad. Existen numerosas oportunidades para que los gobiernos ofrezcan **subsidios, créditos fiscales o incentivos económicos** a los clubes que implementen sistemas de energía renovable, lo que no solo contribuye a reducir su huella de carbono, sino que también promueve la independencia energética de estas instituciones. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la adopción de prácticas más sostenibles por parte de los clubes pueden ser vistas como un **objetivo compartido** por los gobiernos, lo que justificaría la implementación de mecanismos de apoyo económico.

5.2.5 Fortalecimiento Del Modelo Comunitario Y La Economía Local.

Además de los beneficios medioambientales y educativos, este tipo de iniciativas fortalece el **modelo económico local** al promover la utilización de energías renovables. Al involucrarse en proyectos que fomentan la autosuficiencia energética, los clubes contribuyen a la dinamización de la economía local, reducen su dependencia de fuentes externas de energía y abren la puerta a nuevas oportunidades de desarrollo y colaboración con empresas y comunidades que promuevan la sostenibilidad.

Sostenibilidad y resiliencia a largo plazo: La transición hacia un modelo energético renovable no solo representa una mejora inmediata en términos de reducción de costos y sostenibilidad, sino que también fortalece la **resiliencia a largo plazo** de los clubes frente a posibles fluctuaciones en los precios de la electricidad, el cambio climático y las crisis energéticas globales. Al adoptar un sistema de generación de energía propio, el club se asegura de mantener una estabilidad en su funcionamiento y continúa ofreciendo sus servicios a la comunidad, independientemente de los aumentos en los precios de la energía tradicional.

Estas conclusiones generales refuerzan no solo los beneficios técnicos del proyecto, sino también su impacto social, económico y ambiental, destacando su potencial como modelo replicable en otros contextos y su capacidad de generar cambios positivos tanto a nivel local como en el ámbito más amplio de las políticas gubernamentales.

6 ANEXOS

6.1 Consumos históricos

Tabla 38.- Histórico consumo eléctrico Sede 1

Institución **CLUB ATLETICO INDEPENDIENTE (SEDE** **Dirección:** **JOSE ROSA Y**
n: **1)** **PTO.MORENO**
Nº
ENERGÍA ELÉCTRICA **TARIFA: T2MD** **Cliente: 447/4**

Periodo	Potencia Contratada	Potencia Registrada	Energía Med Gral 1	Energía Med Gral 2	Energía Med Piscina	Energía Med TOTAL
	Máxima	Máxima	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
ene-21	29.00	5.43	1453	167		1620
feb-21	29.00	9.52	1230	212		1442
mar-21	29.00	9.87	883	278		1161
abr-21	29.00	9.87	791	112		903
may-21	29.00	13.48	1200	212		1412
jun-21	29.00	13.48	781	311		1092
jul-21	29.00	10.65	1152	317		1469
ago-21	14.00	9.87	1117	521		1638
sep-21	14.00	9.87	1327	440		1767
oct-21	14.00	9.87	1348	328		1676
nov-21	14.00	10.35	1077	154		1231
dic-21	14.00	10.35	979	205		1184
ene-22	14.00	7.87	1058	248		1306
feb-22	14.00	9.18	824	231		1055
mar-22	14.00	8.44	1059	79		1138
abr-22	14.00	8.95	1075	144		1219
may-22	14.00	9.81	1245	322		1567
jun-22	14.00	12.16	1779	285		2064
jul-22	14.00	12.54	1212	268		1480
ago-22	14.00	10.00	1419	238		1657
sep-22	14.00	11.49	1378	325		1703
oct-22	14.00	11.00	1319	269		1588
nov-22	14.00	11.83	1423	206		1629
dic-22	14.00	9.31	879	172		1051
ene-23	14.00	9.32	770	30		800
feb-23	14.00	8.93	968	42		1010
mar-23	14.00	9.43	1038	204		1242
abr-23	14.00	10.95	1266	76		1342
may-23	14.00	12.46	1745	90		1835
jun-23	14.00	12.40	1793	63		1856
jul-23	14.00	11.86	2039	78		2117
ago-23	14.00	10.71	1961	71		2032
sep-23	14.00	13.84	1760	109		1869

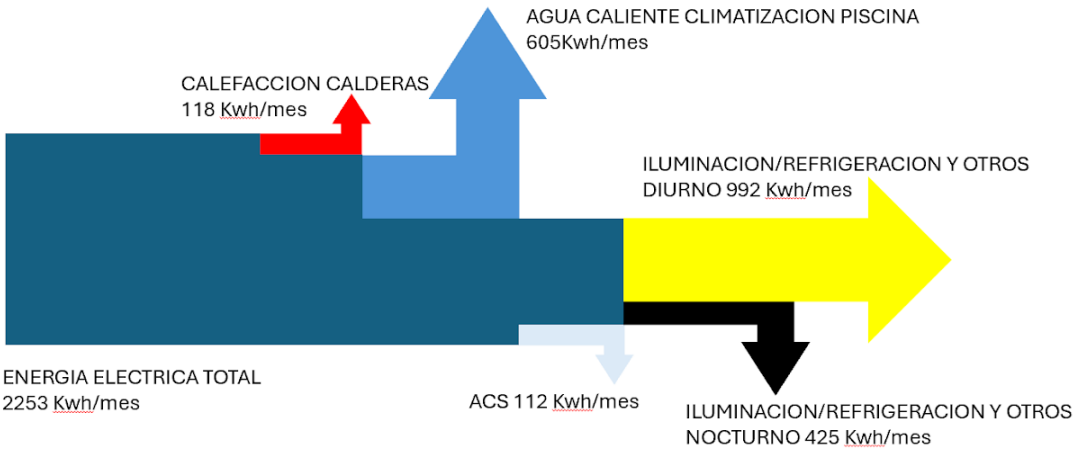
oct-23	14.00	11.05	1189	88		1277
nov-23	14.00	11.06	1351	64		1415
dic-23	14.00	8.67	809	159		968
ene-24	14.00	7.19	597	422		1019
feb-24	14.00	9.05	920	689		1609
mar-24	14.00	10.18	1426	548	1116	3090
abr-24	14.00	11.76	1682	435	1094	3211
may-24	14.00	11.22	2336	310	1238	3884
jun-24	14.00	12.16	1738	319	1205	3262
jul-24	14.00	11.45	2144	303	1522	3969
ago-24	14.00	11.86	2916	294	1594	4804
sep-24	14.00	10.30	1772	274	1255	3301
oct-24	14.00	11.03	1554	217	1282	3053
nov-24	14.00	9.50	1120	138	1192	2450
dic-24	14.00	9.33	865	78	949	1892
ene-25	14.00	9.33	544	155	1194	1893
feb-25	14.00	10.96	983	135	1135	2253

Tabla 39.- Histórico consumo Sede 2

Institución **CLUB ATLETICO INDEPENDIENTE (SEDE** **Dirección:** **CHOCÓN**
n: **2)** **S/NÚMERO**
Nº
ENERGÍA ELÉCTRICA **TARIFA: T2MD** **Cliente: 447/4**

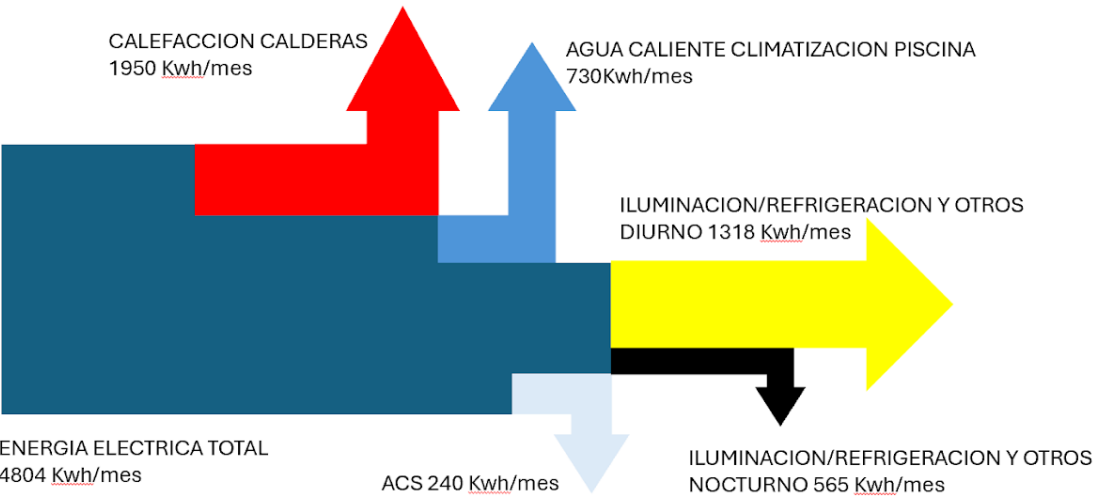
Periodo	Potencia Contratada	Potencia Registrada	Energía
	Máxima	Máxima	kWh/mes
ene-21	26.00	17.67	4396
feb-21	26.00	29.74	5844
mar-21	26.00	42.91	6794
abr-21	26.00	45.66	6788
may-21	26.00	57.04	5803
jun-21	26.00	50.74	4798
jul-21	26.00	57.13	6422
ago-21	26.00	49.92	7966
sep-21	26.00	48.08	5763
oct-21	26.00	51.60	7390
nov-21	26.00	49.83	9319
dic-21	26.00	36.43	6812
ene-22	26.00	37.34	7174
feb-22	26.00	55.35	8379
mar-22	26.00	53.96	9878
abr-22	26.00	53.06	8487
may-22	26.00	55.02	10204
jun-22	26.00	55.02	7503
jul-22	26.00	58.62	9481
ago-22	26.00	37.25	10601

sep-22	26.00	25.83	9991
oct-22	26.00	23.88	8655
nov-22	26.00	30.90	6987
dic-22	26.00	32.62	6443
ene-23	26.00	20.86	5746
feb-23	26.00	27.39	5691
mar-23	26.00	32.58	6953
abr-23	26.00	30.97	7252
may-23	26.00	29.08	8745
jun-23	26.00	38.72	7414
jul-23	26.00	20.80	8533
ago-23	26.00	23.17	8154
sep-23	26.00	19.60	7885
oct-23	26.00	19.94	5893
nov-23	26.00	23.94	5901
dic-23	26.00	27.30	5995
ene-24	26.00	19.49	5893
feb-24	26.00	29.57	5691
mar-24	26.00	25.76	6605
abr-24	26.00	33.31	6785
may-24	26.00	33.42	8709
jun-24	26.00	30.71	8070
jul-24	26.00	26.62	8280
ago-24	26.00	19.44	7453
sep-24	26.00	21.56	6058
oct-24	26.00	28.30	6050
nov-24	26.00	19.51	5804
dic-24	26.00	23.74	5715
ene-25	26.00	21.95	6096
feb-25	26.00	21.49	7503



CONSUMOS SEDE 1 – MES TIPO VERANO – ENERGIA ELECTRICA
FEBRERO 2025

Ilustración 45.- Consumos eléctricos Sede 1, mes típico de verano (febrero 2025)



CONSUMOS SEDE 1 – MES TIPO INVIERNO – ENERGIA ELECTRICA
AGOSTO 2024

Ilustración 46.- Consumos eléctricos Sede 1, mes típico de invierno (agosto 2024)

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

6.2 DETALLE RECURSOS DE LA ZONA

6.2.1 SOLAR

6.2.1.1 Photovoltaic Geographical Information system (PVGIS)

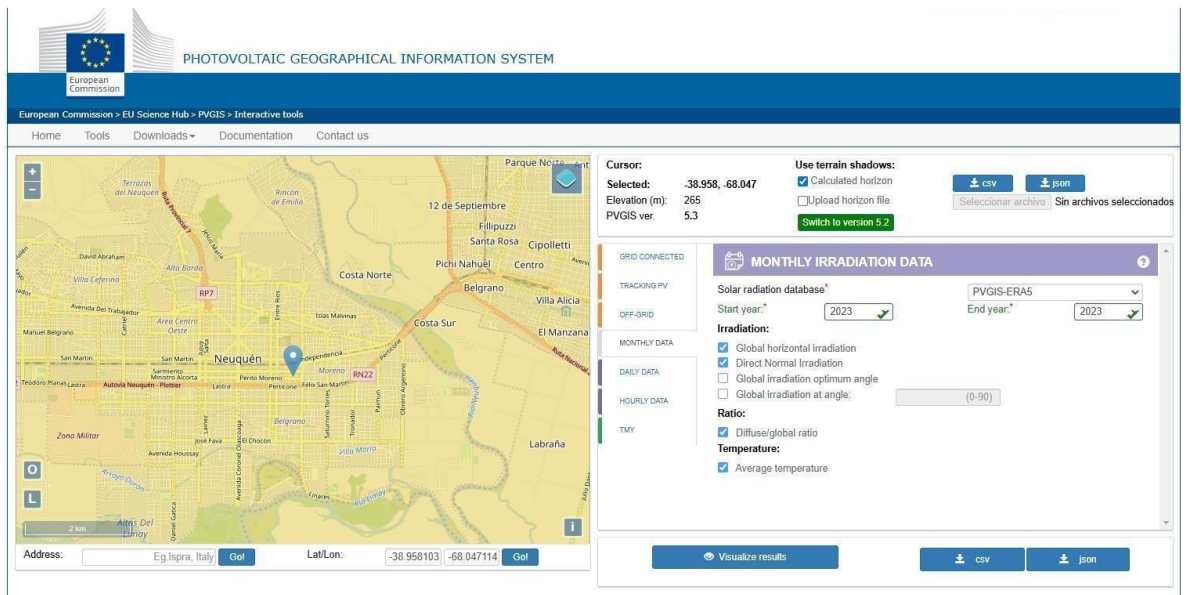


The screenshot shows the PVGIS web application interface. On the left, a map of South America is displayed with a cursor positioned over Argentina. The map includes a scale bar (0-2000 km) and a coordinate display at the bottom: Address: Eg Ispra, Italy; Lat/Lon: -38.958103, -68.047114. The right panel contains the input parameters for the calculation:

- Cursor:** Selected: -38.958, -68.047; Elevation (m): 265; PVGIS ver: 5.3
- Use terrain shadows:** ☒ Calculated horizon; ☐ Upload horizon file
- Solar radiation database:** PVGIS-ERA5
- Start year:** 2023; **End year:** 2023
- Irradiation:** ☒ Global horizontal irradiation; ☒ Direct Normal Irradiation; ☐ Global irradiation optimum angle; ☐ Global irradiation at angle: (0-90)
- Ratio:** ☒ Diffuse/global ratio
- Temperature:** ☒ Average temperature

Buttons for downloading results (CSV, JSON) and visualizing results are visible at the bottom of the right panel.

Ilustración 47.- Datos de entrada en PVGIS (PVGIS-ERA5, 2025)



The screenshot shows the PVGIS web application interface with a detailed map of Neuquén, Argentina. The map includes a scale bar (0-2 km) and a coordinate display at the bottom: Address: Eg Ispra, Italy; Lat/Lon: -38.958103, -68.047114. The right panel contains the input parameters for the calculation:

- Cursor:** Selected: -38.958, -68.047; Elevation (m): 265; PVGIS ver: 5.3
- Use terrain shadows:** ☒ Calculated horizon; ☐ Upload horizon file
- Solar radiation database:** PVGIS-ERA5
- Start year:** 2023; **End year:** 2023
- Irradiation:** ☒ Global horizontal irradiation; ☒ Direct Normal Irradiation; ☐ Global irradiation optimum angle; ☐ Global irradiation at angle: (0-90)
- Ratio:** ☒ Diffuse/global ratio
- Temperature:** ☒ Average temperature

Buttons for downloading results (CSV, JSON) and visualizing results are visible at the bottom of the right panel.

Ilustración 48.- Datos de entrada en PVGIS (2) (PVGIS-ERA5, 2025)

Tabla 40.- Datos (sin procesar) de irradiación solar en Neuquén (2023). (PVGIS-ERA5, 2025)

Latitude	(decimal	degrees):	-38.958		
Longitude	(decimal	degrees):	-68.047		
Radiation	database:	PVGIS-ERA5			
year	month	H(h)_m	Hb(n)_m	Kd	T2m
2023	Jan	257.01	311.66	0.19	26.8
2023	Feb	212.58	278.41	0.17	24.8
2023	Mar	167.27	224.01	0.22	21.3
2023	Apr	113.24	170.79	0.28	16.2
2023	May	89.17	167.81	0.25	12.1
2023	Jun	59.29	113.11	0.33	8.3
2023	Jul	69.87	124.06	0.33	6.9
2023	Aug	101.34	164.92	0.28	8.2
2023	Sep	143.54	194.59	0.26	10.6
2023	Oct	198.91	246.16	0.24	15
2023	Nov	235.93	288.24	0.2	18.5
2023	Dec	268.88	329.56	0.18	21.9

Tabla 41.- Extracto de archivo CVS (sin procesar) de irradiación solar en Neuquén (2023) (PVGIS-ERA5, 2025)

Column1
Latitude (decimal degrees): -38.958
Longitude (decimal degrees): -68.047
Radiation database: PVGIS-ERA5
year month H(h)_m Hb(n)_m Kd T2m
2023 Jan 257.01 311.66 0.19 26.8
2023 Feb 212.58 278.41 0.17 24.8
2023 Mar 167.27 224.01 0.22 21.3
2023 Apr 113.24 170.79 0.28 16.2
2023 May 89.17 167.81 0.25 12.1
2023 Jun 59.29 113.11 0.33 8.3
2023 Jul 69.87 124.06 0.33 6.9
2023 Aug 101.34 164.92 0.28 8.2
2023 Sep 143.54 194.59 0.26 10.6
2023 Oct 198.91 246.16 0.24 15.0
2023 Nov 235.93 288.24 0.2 18.5
2023 Dec 268.88 329.56 0.18 21.9
H(h)_m: Irradiation on horizontal plane (kWh/m2/mo)
Hb(n)_m: Monthly beam (direct) irradiation on a plane...
Kd: Ratio of diffuse to global irradiation (-)
T2m: 24 hour average of temperature (degree Celsius)
PVGIS (c) European Union

6.2.1.2 National Solar Radiation Database (NSRDB)

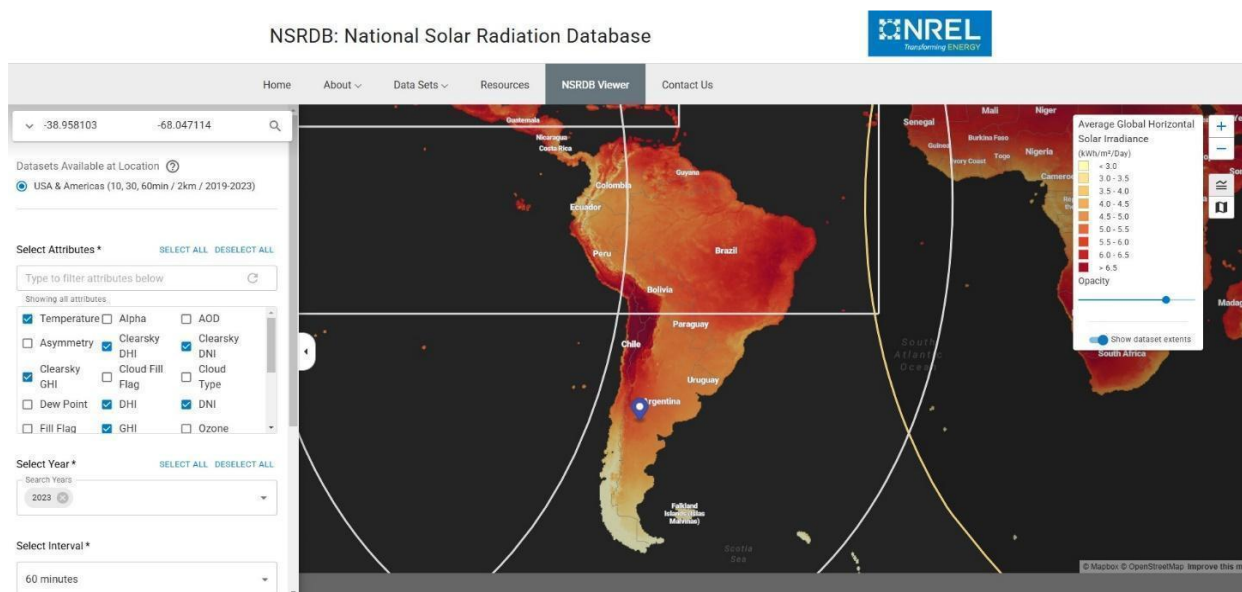


Ilustración 49.- Datos de entrada en NREL-NSRDB (NSRDB, 2025)

Tabla 42.- Datos agrupados mensualmente de irradiación solar en Neuquén (2023) (NSRDB, 2025)

Mes	DNI	GHI	DHI	T°
Enero	275.694	249.559	59.083	26.7
Febrero	279.186	215.921	36.678	24.8
Marzo	225.753	171.783	42.722	21.7
Abril	153.18	107.922	32.936	16.4
Mayo	146.143	82.634	24.666	12.0
Junio	74.62	47.52	21.771	7.6
Julio	85.733	59.032	26.752	6.4
Agosto	135.035	91.011	30.463	7.6
Septiembre	182.297	141.51	39.76	10.1
Octubre	197.882	181.613	59.89	14.5
Noviembre	251.707	226.604	58.84	17.5
Diciembre	300.935	267.475	58.92	22.5

6.3 FICHAS TÉCNICAS

Se adjuntan fichas técnicas de todos los elementos que formen parte del proyecto. No se adjunta la ficha técnica de los paneles solares fotovoltaicos porque se valida la existencia y parámetros de operación con base en que es proporcionada por la aplicación PVSyst.

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

6.3.1 TERMOSOLAR



Catálogo Técnico
serie **VASO EXPANSIÓN**




APLICACIONES

Depósitos de membrana fija para instalaciones de calefacción y refrigeración, ideales para absorber los aumentos de volumen producidos por las diferencias de temperaturas.

CARACTERÍSTICAS

Capacidad: 5 l. - 500 l.
Presión máxima: 8 - 10 BAR
Construidos con chapa de acero embutido con pintura epoxi de larga duración de color rojo.
Membrana fija de goma SBR.
Temperatura del líquido: -10°C / 90°C.
Homologados y conformes a la directiva 2014/68/UE.

APPLICATIONS

Fixed membrane tanks for heating and cooling installations, suitable for absorbing volume increases produced by difference in temperatures.

CHARACTERISTICS

Capacity: 5 l. - 500 l.
Max. pressure: 8 - 10 BAR
Made of embossed steel sheet with long-life epoxi external paint red colour.
Fixed membrane in SBR rubber.
Temperature of liquid: -10°C / 90°C.
Approved and in accordance with 2014/68/UE standard.

APPLICATIONS

Réservoirs de membrane fixe pour installations de chauffage et réfrigérations, idéaux pour absorber les augmentations de volume produites par les différences de températures.

CARACTÉRISTIQUES

Capacité: 5 l. - 500 l.
Pression max.: 8 - 10 BAR
Construits en tôle en acier embouti avec peinture epoxi à longue durée de couleur rouge.
Membrane fixe en caoutchouc SBR.
Température de liquide: -10°C / 90°C.
Homologués et conformes à la directive 2014/68/UE.

Modelo Model	Tipo Type	Código Code	Capacidad Capacity Capacité (l)	Presión max. Max. pressure Pression max. (BAR)	Presión prec. Pre pressure Pression pré (BAR)	Dimensiones Dimensions (mm)			Embalaje (mm) Packaging Emballage		
						A	C	Ø	X	Y	Z
Vaso expansión 5 l. A	A	2500	5	8	1,5	205	215	1/2"	210	210	250
Vaso expansión 8 l. A	A	2501	8	8	1,5	205	280	1/2"	210	210	320
Vaso expansión 12 l. A	A	2502	12	8	1,5	270	305	1/2"	280	280	310
Vaso expansión 18 l. A	A	2503	18	8	1,5	270	410	1/2"	280	280	450
Vaso expansión 24 l. A	A	2504	24	8	1,5	320	330	1/2"	330	330	375
Vaso expansión 35 l. A	A	2505	35	10	1,5	400	395	1/2"	410	410	410
Vaso expansión 50 l. A	A	2506	50	10	1,5	400	500	1/2"	410	410	635
Vaso expansión 80 l. B	B	2507	80	10	1,5	400	620	1/2"	410	410	860
Vaso expansión 100 l. B	B	2508	100	10	1,5	500	735	1/2"	510	510	830
Vaso expansión 150 l. B	B	2509	150	10	1,5	500	935	1/2"	510	510	1040
Vaso expansión 200 l. B	B	2510	200	10	1,5	600	1020	1"	610	610	1110
Vaso expansión 250 l. B	B	2511	250	10	1,5	650	1160	1"	660	660	1210
Vaso expansión 300 l. B	B	2512	300	10	1,5	650	1210	1"	660	660	1290
Vaso expansión 500 l. B	B	2513	500	10	1,5	775	1350	1"	785	785	1440




Vasos de expansión de membrana Eps serie VASO EXPANSIÓN

Ilustración 50.- Vasos de expansión Bombas Hasa. (Bombas Hasa, 2025)

SUICALSA
TECNICAS DE ALMACENAMIENTO
Y PRODUCCION DEL AGUA FRIA Y CALIENTE

CARACTERISTICAS TECNICAS MODELO DAB250PW08RFP
ACUMULADOR VERTICAL CON RECUBRIMIENTO POLYWARM®

Capacidad Nominal: 2.500 litros
Presión (trabajo / prueba): 8 / 12 bar
Temperatura de trabajo: 90°C

Acumulador construido en acero carbono ST 37.2 revestido interiormente por resina epoxi Polywarm®, adecuada para el almacenamiento de agua potable según Reglamento 1935/2004. El revestimiento interior está realizado de acuerdo a la norma EN 4753-3 y tiene un espesor de 0,13 - 0,25 mm. Dicho revestimiento está protegido ante la corrosión mediante un anodo de magnesio o anodo electrónico CORREX que garantiza su protección catódica. Idóneo para su montaje en instalaciones con paneles solares, al tener equipado una boca de inspección de diámetro interior DN400, tal y como se indica en el apartado 3.4.2 de la sección HE4 - Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del Código Técnico de la Edificación.

Nuestro acumulador está compuesto por:

- Carcasa-Depósito, con fondos tipo Korbogen
- Conexiones Rosca Gas Hembra
- Boca de hombre para inspección.
- Junta EPDM
- Aislamiento flexible en fibra de poliéster de 50 mm coeficiente de conductividad térmica 0,038 W/mK, con resistencia al fuego categoría B-s2d0 y acabado externo en fundalac y de 0,28 mm de color gris o rojo.

Nuestro acumulador está identificado con una placa de características con lo siguiente:

- Nº serie y modelo
- Volumen
- Presión, temperatura
- Fecha de prueba

Asimismo, de acuerdo con la Directiva Europea CEE 97/23, cada acumulador viene acompañado del Certificado de Conformidad y de un Manual de Uso y Mantenimiento.

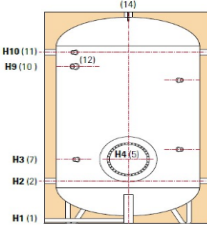
C/ Sierra de Gredos, 6 - P.I. Puerta Castilla La Mancha - 45200 Illescas (Toledo) - Tel. 925519335
E-mail: at@suicalsa.com - comercial@suicalsa.com
www.suicalsa.com

SUICALSA
TECNICAS DE ALMACENAMIENTO
Y PRODUCCION DEL AGUA FRIA Y CALIENTE

CARACTERISTICAS TECNICAS MODELO DAB250PW08RFP
ACUMULADOR VERTICAL CON RECUBRIMIENTO POLYWARM®

Vaciado (1)
Entrada agua fría (2)
Salida a intercambiador externo (3)
Boca de inspección (5)
Termostato (7)
Anodo prot catódica (8) (9)
Resistencia eléctrica (10)
Recirculación (11)
Termómetro (12)
Retorno intercambiador externo (13)
Salida agua caliente (14)

H: Altura total
De: Diámetro con aislamiento
DE: Diámetro sin aislamiento



DIMENSIONES (mm)										
DE	De	H	H1	H2	H3	H4	H7	H8	H9	H10
1250	1350	2417	137	603	1005	878	1028	1768	1784	1943

CONEXIONES (Rosca Gas Hembra)				
7-12	1"	1"	1 1/4"	1 1/2"
13-14	1"	2"	1 1/4"	2"

Ilustración 51.- Depósito ACS Suicalsa-2500 L. (Calentador económico, 2025)



Ilustración 52.- Colector solar termosifónico tipo Manifold de 25 tubos para sistemas de climatización o calefacción solar marca Hissuma

6.3.2 EÓLICO

Photo	GOODS DESCRIPTION	QTY	UNIT PRICE	AMOUNT
		(PCS)	(USD)	(USD)
	600w Tulip vertical wind turbine Blades length:0.68m Wheel Diameter: 0.38m	1	\$320.00	\$320.00
	MPPT on grid inverter for wind turbine, with built in controller, comes with dump load, single phase 220v output	1	\$280.00	\$280.00
TOTAL Amount				\$600.00

Ilustración 53.- Precio del aerogenerador seleccionado

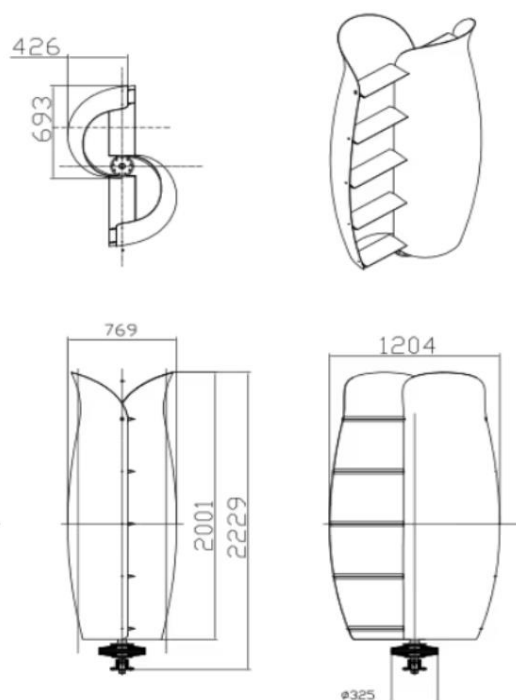


Ilustración 54.- Dimensiones del aerogenerador seleccionado (valores en milímetros)

6.3.3 BIOMASA

Selección de caldera de biomasa.

Tabla 43.- Tabla de conversión para escoger caldera de biomasa

Tabla de conversión

Contenido en agua (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Humedad (%)	5	11	18	25	33	43	54	67	82	100	122	150

Contenido en agua permitido en calderas de astillas Hargassner

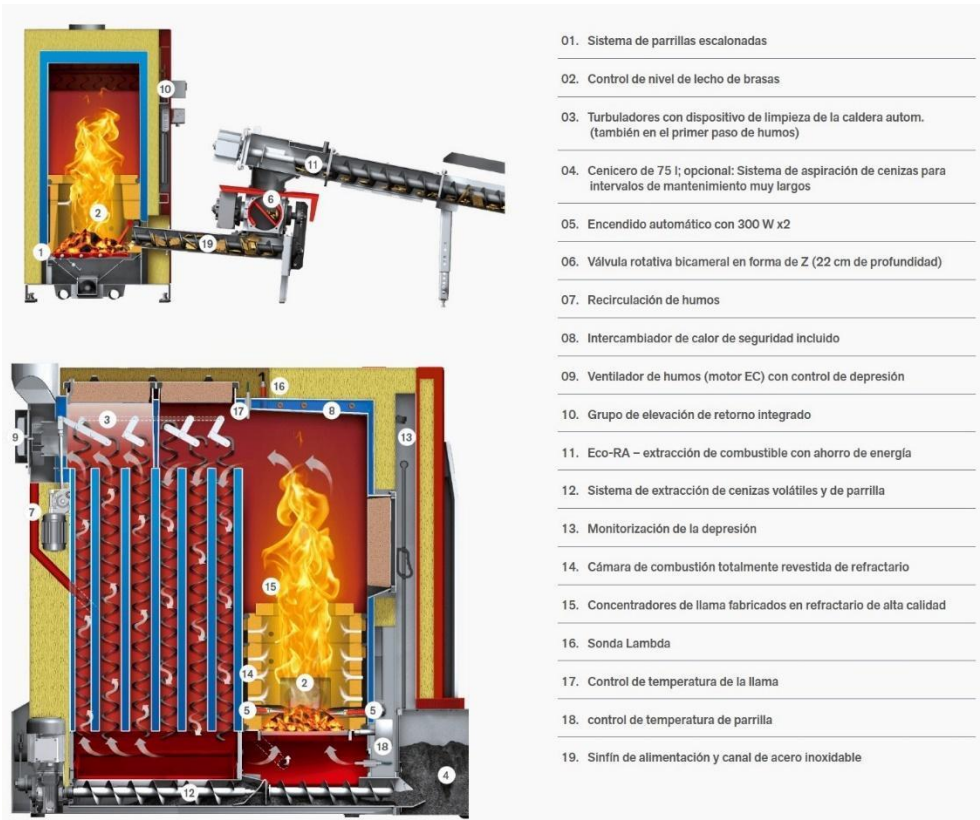


Ilustración 55.- Caldera de biomasa seleccionada y características

Datos técnicos

	Unidad	 Eco-HK 250	 Eco-HK 300	 Eco-HK 330
Potencia nominal (PN)	kW	249	299	330
Potencia calorífica del combustible	kW	264,6	318,8	352,6
Potencia mínima	kW	74,7	89,7	99
Potencia eléctrica	kW	-	-	-
Rendimiento calorífico a PN	%	94,1*	93,8*	93,6*
Rendimiento calorífico al 30% de PN	%	96,8	96,5	96,4
Rendimiento de combustión a PN	%	83,3	83,3	83,4
Rendimiento de combustión al 30% de PN	%	86	86,4	86,7
Eficiencia energética estacional ETA	%	82** / 82**	83** / 83**	83** / 83**
Rango de temperatura de la caldera	°C	69 - 78	69 - 78	69 - 78
Dimensiones (An x Al x P)	mm	1155 x 2015 x 2285	1155 x 2015 x 2285	1155 x 2015 x 2285
Peso de la caldera	kg	2500	2500	2500
Volumen de carga	l	-	-	-
Espacio necesario	m ²	2,62	2,62	2,62
Diámetro del tubo de extracción de humos	mm	250	250	250
Volumen cenicero	l	75	75	75
Volumen de agua	l	570	570	570
IMP / RET	*	2,5	2,5	2,5
Etiqueta energética		-	-	-

Ilustración 56.- Ficha técnica de la caldera de biomasa seleccionada

6.4 INFORMES DE PVSYST

Se adjunta enlace para revisar los informes generados por PVSyst para el dimensionamiento fotovoltaico de la Sede 1 y Sede 2:

<https://drive.google.com/drive/folders/1W7KUgtDRyfwEGmfg2jQGq65Pw1MX-p?usp=sharing>

7 Bibliografía

- Bombas Hasa. (15 de 3 de 2025). *Catálogo vasos de expansión*. Obtenido de <https://www.bombashasa.com/imag/cat-tecnico/392-VASOEXPANSION-ct.pdf>
- Calentador económico. (17 de 3 de 2025). *Tu calentador económico*. Obtenido de Depósito SUILCASA 2500L: https://tucalentadoreconomico.es/acumuladores-de-agua/1953-acumulador-accs-cordivari-dab-2500-litros.html?srsId=AfmBOOpKSL1hPkeOq5_kKtQFPfyFYcMzBLj8RjRULrcChO74SZ1Lem_F
- R&X Energy. (17 de 3 de 2025). *Generadores verticales*. Obtenido de <https://www.rx-greenenergy.com/wind-turbine/vertical-wind-turbine/tulip-type-small-vertical-wind-turbine-600w.html>
- ERA5. (16 de 3 de 2025). Obtenido de ERA5: the new reanalysis of weather and climate data | ECMWF: <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/science-blog/2017/era5-new-reanalysis-weather-and-climate-data>
- Global Wind Atlas. (17 de 3 de 2025). Obtenido de Global Wind Atlas: <https://globalwindatlas.info/en/>
- Google Maps. (16 de 3 de 2025). Obtenido de <https://www.google.es/maps/>
- HARGASSNER. (05 de 04 de 2025). *Hargassner*. Obtenido de <https://www.hargassner.com/es-es/calderas/caldera-de-astillas/cascadas-de-hasta-2-mw-2/>
- HISSUMA. (05 de 04 de 2025). *Hissuma*. Obtenido de <https://www.hissuma-materiales.com.ar/productos/colector-solar-termosifonico-tipo-manifold-de-25-tubos-para-sistemas-de-climatizacion-o-calefaccion-solar/>
- IDAE. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (PET-REV - enero 2009)*. Madrid: IDAE.
- INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2022). *Estudios específicos – Caracterización del potencial uso energético de residuos de biomasa – Alto Valle de Río Negro – Informe Final*. INTI.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2019). *Documento Básico HE, Ahorro de Energía, CTE DB-HE4*. Madrid.
- NSRDB. (18 de 3 de 2025). *National Solar Radiation Database*. Obtenido de <https://nsrdb.nrel.gov/data-viewer>
- PVGIS. (05 de 04 de 2025). *Photovoltaic Geographical Information System – Getting started with PVGIS*. Obtenido de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis_en
- PVGIS-Data. (16 de 03 de 2025). *Photovoltaic Geographical Information System - Data Sources & calculation Methods*. Obtenido de <https://joint-research->

centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-data-sources-calculation-methods_en

PVGIS-ERA5. (16 de 3 de 2025). *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Tools*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR

PVGIS-NREL. (16 de 3 de 2025). *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive tools*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR

PVSyst. (16 de 3 de 2025). PVSyst-PVGIS.

Spark, W. (03 de 04 de 2025). *Weather Spark - Neuquén*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/27301/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Neuqu%C3%A9n-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Unión Industrial Argentina. (s.f.). *Informe Anual*.

Universidad Europea. (2025). Apuntes Modulo 5.

Weather Online. (03 de 04 de 2025). *Weather Online*. Obtenido de Weather Online: https://www.woespana.es/weather/maps/city?LANG=es&PLZ=____&PLZN=____&WMO=85743&CONT=samk&R=0&LEVEL=162®ION=0021&LAND=CH&MOD=tab&ART=SON&NOREGION=1

European Comission. (03 de 04 de 2025). *PVGIS*. Obtenido de Photovoltaic Geographical Information System: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

IDAE. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (PET-REV - enero 2009)*. Madrid: IDAE.

Ministerio de Transportes, M. y. (2019). *Documento Básico HE, Ahorro de Energía, CTE DB-HE4*. Madrid.

Online, W. (03 de 04 de 2025). *Weather Online*. Obtenido de Weather Online: https://www.woespana.es/weather/maps/city?LANG=es&PLZ=____&PLZN=____&WMO=85743&CONT=samk&R=0&LEVEL=162®ION=0021&LAND=CH&MOD=tab&ART=SON&NOREGION=1

Spark, W. (03 de 04 de 2025). *Weather Spark - Neuquén*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/27301/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Neuqu%C3%A9n-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Universidad Europea. (2025). Apuntes Modulo 5.

CONCLUSIONS

Technical Conclusions

In general terms, the solution implemented effectively reduces the club's dependence on the electrical grid, which inherently leads to operational cost savings.

Moreover, since most of the energy supplied by the grid comes from fossil fuels, the adoption of this renewable energy solution not only lowers operational costs but also significantly reduces the club's carbon footprint, supporting the transition to a more sustainable energy model.

Based on the technologies employed, additional advantages include:

- Replacement of DHW with solar thermal systems: The implementation of solar thermal panels for domestic hot water (DHW) has proven to be a technically and economically viable solution. The selected systems not only meet the club's DHW demand but also optimize solar energy use for heating the swimming pool.
- Heating replacement with biomass boilers: The adoption of biomass boilers as a heating source has been assessed as a sustainable energy alternative. This system, based on the combustion of forest or organic food industry residues, replaces traditional fossil fuel-powered boilers. It contributes to the circular economy, improves waste management, increases the club's sustainability, and even reduces wildfire risks by utilizing discarded biomass accumulated in vulnerable areas.
- Electricity generation through photovoltaic panels: Installing photovoltaic solar panels has proven to be an efficient solution to meet the club's electricity needs, including lighting, cooling, and other electric services. Technical analysis shows that the proposed photovoltaic system can generate a significant amount of energy during daylight hours. System efficiency is maximized by optimizing panel orientation, tilt, and available surface (on rooftops or ground, depending on each site's conditions).
- Energy savings via the integration of mini wind turbines: Adding small wind turbines as a complement to the solar system offers an innovative solution for energy supply during nighttime or periods of low solar radiation. Although wind energy alone is insufficient to fully cover night-time demand, its integration further reduces grid dependency, making the hybrid (solar-wind) system more resilient and efficient, thus favoring the club's energy self-sufficiency.

In conclusion, from a technical standpoint, the combination of renewable sources enables the community club to significantly reduce its grid energy consumption and achieve greater energy autonomy. The photovoltaic and wind systems cover a substantial portion of daytime electrical demand, while biomass and solar thermal systems fulfill thermal needs. Only a small portion of the energy demand continues to be met by the grid, primarily during nighttime hours when solar and wind production are limited.

The remaining challenge lies in the economic analysis, as the project's financial viability is currently highly sensitive to the country in which it is applied. In the medium and long term, however, it is expected that the initial investment in these technologies will be recovered through energy cost savings and improved operational efficiency—while the project's broader value is better reflected in the general conclusions that follow.

General Conclusions

Social and Educational Impact on the Community

The project implemented in the community club not only delivers technical and economic benefits but also has a positive impact on the local community—especially on the children involved in the club's activities. By operating with renewable energy, the club becomes a tangible example of sustainability and energy efficiency. Children, witnessing the responsible use of clean energy in their environment, have the opportunity to learn about environmental care and responsible energy consumption, reinforcing the message of sustainability in their education. This approach can have a multiplier effect, potentially influencing future generations and fostering a culture of environmental awareness.

Reinvestment of Savings into Club Improvements

Thanks to the energy cost reductions achieved through renewable technology implementation, the club can redirect savings on electricity bills toward new investments and facility upgrades. This model not only lightens the financial burden on members but also enables the club to expand its activities and services, strengthening its community role and offering more opportunities to children and adults involved in its programs.

Replicable Model in Other Contexts

Although the project was specifically designed for a community club in Neuquén, Patagonia (Argentina), the adopted solutions have high potential for replication in other locations across Argentina, Latin America, and Europe. The model's strength lies in its technological flexibility, allowing it to adapt to the climatic, geographic, and economic conditions of each region. Below are concrete examples of how this adaptation could occur:

- Cuyo Region (Argentina): Provinces such as Mendoza, San Juan, and San Luis enjoy some of the country's highest solar radiation. In this context, prioritizing photovoltaic and solar thermal systems would be ideal to meet both electrical and thermal demands (DHW and pool heating). Due to the region's dry climate and limited biomass availability, biomass would play a secondary role unless access to local agricultural or forestry residues is possible.
- Peru: Peru's diverse geography allows for multiple combinations. On the coast (e.g., Lima), high solar radiation suggests an approach similar to Cuyo, with solar systems being predominant. In the Andean highlands (e.g., Cusco, Arequipa), where biomass resources and constant high-altitude winds are available, biomass heating and small

wind turbines could be integrated. In the Amazon, abundant organic waste would make biomass a central energy source, particularly for heating and hot water.

- Colombia: Colombia's equatorial location ensures constant solar radiation year-round, making solar energy a viable option throughout the country. In rural or mountainous areas with limited grid access, hybrid solar-wind systems could ensure stable energy supply. Additionally, Colombia's rich biodiversity and agricultural waste (from coffee, sugarcane, or palm oil) make biomass a practical solution, particularly in regions like the Coffee Axis or the Llanos.
- La Mancha (Spain): This region offers abundant wind and solar resources, making it ideal for hybrid solar-wind systems. Large land areas and high solar exposure allow for efficient use of both photovoltaic panels and wind turbines. Agricultural biomass from vineyards and olive groves also presents an excellent opportunity to complement thermal energy generation (DHW and heating). With Spain's strong commitment to energy transition, a favorable legal framework supports the installation of renewable systems in social or sports clubs.

This adaptability to different climates, resources, and regulatory conditions makes the model scalable and replicable, benefiting community clubs, social centers, and sports facilities around the world. Selecting appropriate technologies based on geographic location ensures greater efficiency, sustainability, and return on investment, while amplifying the project's social and educational impact.

Potential Incentives and Government Support

Governments should support the adoption of renewable energy in community institutions such as local clubs through public policies and legal frameworks that promote sustainability. Numerous opportunities exist for governments to offer subsidies, tax credits, or financial incentives for clubs that implement renewable energy systems. These efforts not only help reduce carbon emissions but also promote energy independence in such institutions. The reduction of greenhouse gas emissions and the adoption of sustainable practices by clubs can be framed as shared governmental objectives, justifying the provision of economic support mechanisms.

Strengthening the Community Model and Local Economy

Beyond environmental and educational benefits, this type of initiative strengthens the local economic model by encouraging renewable energy use. By engaging in projects that promote energy self-sufficiency, clubs help stimulate the local economy, reduce reliance on external energy sources, and create new development opportunities and partnerships with businesses and communities committed to sustainability.

Long-term sustainability and resilience: Transitioning to a renewable energy model not only brings immediate benefits in terms of cost savings and sustainability but also enhances the long-term resilience of clubs to potential electricity price fluctuations, climate change, and global energy crises. By adopting their own energy generation system, clubs ensure

operational stability and continue to provide services to the community, regardless of increases in traditional energy prices.

These general conclusions reinforce not only the technical merits of the project but also its broader social, economic, and environmental impact, highlighting its potential as a replicable model in various contexts and its capacity to drive positive change at both local and governmental levels.