

RESUMEN PROYECTO AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO AERÓDROMO TENIENTE RODOLFO MARSH MARTIN

Kipus Centro Tecnológico

Universidad de Talca

3-6-2024

1. Resumen ejecutivo

El aeródromo Teniente Marsh, ubicado en el territorio Antártico, constituye la principal puerta de entrada a la Antártica. Este sitio es un importante medio de apoyo para las diversas actividades científicas nacionales y extranjeras, además de las actividades derivadas de las relaciones que mantiene Chile con los estados signatarios del Tratado Antártico

Este resumen hace referencia a un refugio de pasajeros para el aeródromo Teniente Marsh. El proyecto de eficiencia energética y sostenibilidad fue elaborado por Kipus, el centro tecnológico de la Universidad de Talca, con el objetivo de alcanzar un desempeño energético net zero. Para ello, se implementaron medidas como el uso de una envolvente térmica optimizada para las extremas condiciones climáticas del emplazamiento y la integración de aerogeneradores para la generación de energía eólica. Estas estrategias permitieron una reducción significativa en la demanda y consumo energético del edificio.

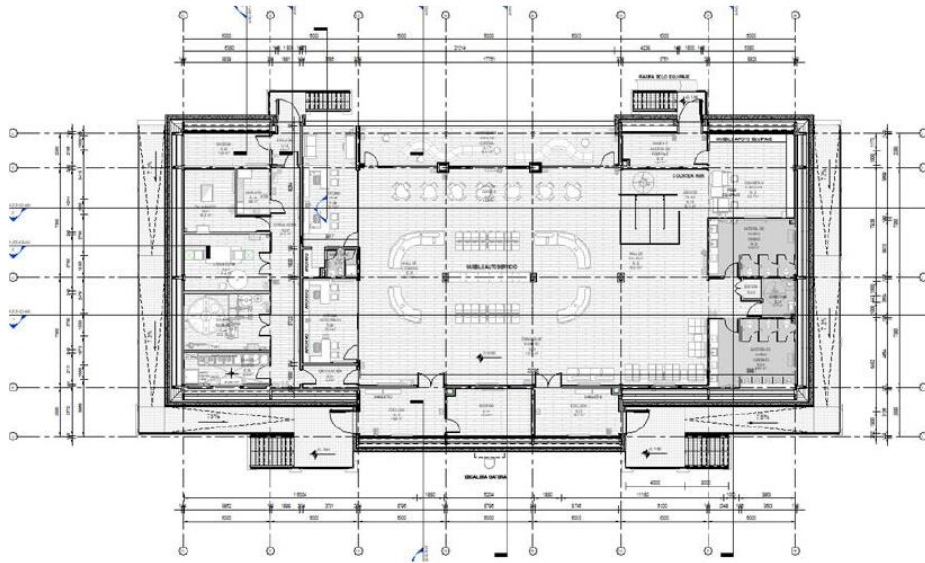
El proyecto de ingeniería fue desarrollado por Ferrer & Asociados Ingenieros Consultores (FAIC), quienes se encargaron del diseño técnico de las especialidades del proyecto.

Los resultados de las simulaciones muestran una disminución del 45,4% en la demanda de energía para calefacción y refrigeración, y una reducción del 100% en el consumo de energía eléctrica, gracias a la incorporación de unidades eólicas que generan una producción anual de 74.307 kWh. Estos niveles de reducción permiten alcanzar los más altos estándares de sostenibilidad y eficiencia energética según los criterios del CES, asegurando una calidad ambiental interior óptima para la habitabilidad del refugio, con adecuados niveles de iluminación, calidad del aire y confort térmico.

Ilustración 1: Arquitectura referencial



Ilustración 2: Planta general



2. Características climáticas

Temperatura: en promedio, el mes más cálido es febrero con una temperatura máxima media de 2,7°C, mientras que en promedio el mes más frío es julio, con una temperatura mínima media de -8,1°C. Desde 2015 se observa un aumento progresivo de la temperatura media máxima y mínima.

Precipitaciones: La mayor concurrencia de precipitación es entre los meses de junio y octubre, tanto para nieve como agua lluvia.

Humedad relativa: La humedad relativa promedio es mayor al 80% a lo largo del año, en que tan solo el 2,8% de las horas al año se presenta una humedad inferior al 70%.

Vientos predominantes: Los vientos predominantes, son de dirección oeste (W) y este-sureste (ESE). El viento de dirección oeste representa el 16,9% de las ocurrencias, mientras que el viento de dirección este-sureste representa el 11,4%. El viento de dirección norte (N) representa el 11,8% de las ocurrencias. En general, los vientos son débiles, con intensidades que varían entre 6 y 25 kts (11 y 46 km/hr).

Derretimiento: el derretimiento corresponde a 78,3 m³/d para una superficie estimada de 2.500 m² correspondiente a la cuenca del refugio, la cual puede variar dependiendo del emplazamiento final del refugio, equivalente a un gasto de 0,91 l/s.

3. Envoltente térmica

Los valores de transmitancia térmica de la envoltente del edificio han sido calculados según la norma NCh 853. Los elementos de la envoltente considerados son: muros exteriores, piso ventilado, ventanas y la cubierta del edificio. La alta resistencia térmica de estas soluciones es destacable, proporcionando una eficiencia energética superior, especialmente en condiciones climáticas extremas como las de la Antártica.

Debido a la alta resistencia térmica de las soluciones utilizadas en la envoltente del edificio, se espera minimizar las pérdidas de calor durante y reducir la necesidad de calefacción. La baja transmitancia térmica (U) de los elementos de la envoltente es crucial para mantener la eficiencia energética en un entorno donde las temperaturas son extremadamente bajas.

Tabla 1: Resistencia y transmitancia térmica de la envolvente

Envolvente	Resistencia Térmica Rt (m ² *K/W)		Transmitancia Térmica U (W/m ² K)
Muro exterior equivalente	10,996		0,091
Muro exterior curvo	6,668		0,150
Muro interior adyacente a cámaras de aire	4,198		0,238
Piso ventilado equivalente	10,429		0,096
Piso ventilado exterior	6,718		0,149
Suelo interior	3,481		0,287
Cubierta equivalente	10,896		0,092
Cubierta exterior curva	6,638		0,151
Cubierta interior	4,158		0,240
Ventanas	TV (%)	FS (g)	U (W/m² K)
Triple vidriado hermético 6-12-4-12-6	60	0,44	1,2

Las ventanas de triple vidriado hermético contribuirán significativamente a la reducción de la pérdida de calor, a la vez que permiten el paso de luz natural, mejorando el confort interno sin comprometer el rendimiento térmico. Además, la estructura resistente a la humedad asegurará la durabilidad y la eficiencia operativa del edificio en las condiciones climáticas específicas de la Antártida.

4. Energía Renovable No Convencional – Energía Eólica

Para la generación de energía eólica, se selecciona un aerogenerador de eje vertical modelo AEOLOS de 5 kW nominal a una velocidad de 12 m/s. Este modelo es ideal para su uso en la Antártida debido a sus características adaptadas al entorno y su bajo impacto acústico. Este enfoque es parte integral de la estrategia para alcanzar el objetivo de ser net zero energía.

La energía aproximada que se puede extraer del viento se presenta en la Tabla 2. En los meses de septiembre y octubre, se registran ráfagas de viento más intensas, por lo que se recomienda desmontar las unidades en estos meses para evitar daños. La Tabla 3 muestra la generación anual de energía de un aerogenerador.

Tabla 2: Energía eólica producida mensual

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Energía total kWh	1.598,8	3.328,9	2.132,9	2.538,5	2.722,7	2.271,9	2.728,5	2.094,2	3.087,0	3.558,5	3.198,2	2.154,9
Promedio de velocidad m/s	6,8	9,9	7,8	8,5	8,4	8,5	9,8	8,6	10,6	10,9	9,5	7,5

Tabla 3: Energía eólica anual producida por aerogenerador

Energía eólica generada por una unidad Aeolos	
Energía al Año	31.415 kWh
Energía Año excluyendo 9 y 10	24.769 kWh

Para cubrir el consumo energético del refugio durante todo el año, se determinó que son necesarias tres unidades aerogeneradoras, las cuales producirán un total de 74.307 kWh.

Para el almacenamiento de la energía generada por las unidades eólicas, se consideran los parámetros de energía producida que se pueden observar en la Tabla 4. La energía que se produce fuera del horario de funcionamiento del refugio (de 17:00 a 6:00 horas) y que no se consume directamente, debe ser almacenada,

como se muestra en la Tabla 5. Utilizando tres unidades aerogeneradoras, se tendrá una energía mediana a acumular de 143,04 kWh, por lo cual se debe dimensionar un banco de baterías de 100 kWh nominal y una potencia instantánea máxima de salida de 50 kW. La diferencia de potencia se inyectará directamente al sistema.

Tabla 4: Energía eólica producida por aerogenerador en 24 horas

Energía eólica generada por una unidad Aeolos 24 horas	
Máxima Energía diaria registrada	249,76 kWh
Mediana Energía diaria	74,62 kWh
Promedio Energía diaria	86,1 kWh

Tabla 5: Energía eólica producida por aerogenerador de 17 a 6 horas

Energía eólica generada por una unidad Aeolos de 17 a 6 hrs	
Máxima Energía diaria registrada de 17 a 6 hrs	182,61 kWh
Mediana Energía diaria 17 a 6 hrs	47,68 kWh
Promedio Energía diaria 17 a 6 hrs	53,1 kWh

5. Demanda y consumo energético

Para obtener resultados de la demanda y consumo energético del edificio, se realizaron simulaciones computacionales mediante un software de simulación dinámica. Los datos de entrada para la modelación incluyen las características de la envolvente, el sistema de climatización (activado cuando los recintos se encuentran fuera de los rangos de confort de 20°C a 24°C), las cargas internas por equipos, personas e iluminación, además de las tasas de ocupación y ventilación.

Se realizaron iteraciones en las simulaciones para optimizar la envolvente térmica del edificio. Este proceso permitió mejorar significativamente las características térmicas de la envolvente, asegurando un mejor rendimiento energético.

El objetivo fue determinar el ahorro en demanda y consumo energético comparando los resultados de las simulaciones entre el edificio objeto y un edificio de referencia. Para la demanda energética, la comparación se realizó entre el edificio objeto y un edificio de referencia idéntico, pero con diferentes características de envolvente térmica, mientras que el resto de los aspectos permaneció sin cambios. Para el consumo energético, se aplicó la misma lógica, cambiando en esta ocasión las características de los equipos activos y sistemas de generación.

Las simulaciones se realizaron siguiendo las indicaciones del Apéndice 9 del Manual de Evaluación y Calificación CES. Los resultados obtenidos, presentados después de varias iteraciones que permitieron mejorar la envolvente térmica, se observan en las Tablas 6 a 9.

Tabla 6: Demanda energética anual en kWh para modelos simulados

Modelo	Refrigeración	Calefacción	Total
	kWh	kWh	kWh
Edificio objeto	-	38.473,9	38.473,9
Edificio referencial	-	70.494,9	70.494,9

Tabla 7: Demanda energética anual en kWh/m² para modelos simulados

Modelo	Refrigeración	Calefacción	Total
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Edificio objeto	-	50,8	50,8
Edificio referencial	-	93,1	93,1

Tabla 8: consumo energético anual en kWh para modelos simulados

Modelo	Iluminación	Bombas	Calefacción (Electricidad)	Refrigeración (Electricidad)	Otros Consumos	ERNC	Total
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Edificio objeto	1.207,3	84,4	38.473,9	-	13.122,8	74.307	0
Edificio referencial	1.889,1	72,7	37.945,2	-	13.172,6	0	53.089,8

Tabla 9: consumo energético anual en kWh/m² para modelos simulados

Modelo	Iluminación	Bombas	Calefacción (Electricidad)	Refrigeración (Electricidad)	Otros Consumos	ERNC	Total
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Edificio objeto	1,6	0,1	50,8	-	17,3	98,2	0
Edificio referencial	2,5	0,1	50,1	-	17,4	0	70,1

Las medidas implementadas en el diseño del proyecto, como el uso de una envolvente térmica optimizada para las condiciones climáticas del emplazamiento y la incorporación de equipos y artefactos eficientes junto a la generación de energía eólica in situ, han permitido una reducción significativa en la demanda y el consumo energético del edificio objeto en comparación con el edificio proyectado.

La demanda de energía para calefacción y refrigeración se redujo en un 45,4%, gracias exclusivamente a las mejoras arquitectónicas del edificio. Además, el consumo de energía se redujo en un 100%, ya que el proyecto incorpora aerogeneradores que cubren la totalidad del consumo eléctrico anual, con una generación anual de 74.307 kWh.

Estos niveles de reducción en la demanda y el consumo energético permiten alcanzar los más altos niveles de cumplimiento según los requerimientos del Manual de Evaluación y Calificación CES.