

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS MUNICIPALES DE ARGENTINA PARA EL PROGRAMA EUROCLIMA+

<sup>1</sup>María Belén Birche; <sup>2</sup>José Antonio Ferrer Tévar; <sup>3</sup>Jorge Daniel Czajkowski

<sup>1</sup>Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable FAU-UNLP / CIC. mariabelen.birche@ing.unlp.edu.ar

<sup>2</sup>Unidad de investigación sobre eficiencia energética en la edificación, CIEMAT. ja.ferrer@ciemat.es

<sup>3</sup>Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable FAU-UNLP / CIC / CONICET. jczajkowski@fau.unlp.edu.ar

### Resumen

*En el marco del programa Euroclima+ se han realizado auditorías energéticas en edificios municipales de Argentina. Para estudiar los edificios se ha utilizado información suministrada por los municipios e información recolectada por los auditores. Luego, se elaboró un programa que permite obtener resultados de demanda de energía según la metodología de la normativa nacional IRAM. A partir de ello se ha encontrado que los edificios no reúnen condiciones adecuadas de confort higrotérmico a pesar de consumir mucha energía. Con las mejoras propuestas se alcanza una reducción de la demanda de energía de al menos un 40%.*

**Keywords:** Eficiencia energética – Construcción – Sustentabilidad – Auditoría – Argentina

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Programa Euroclima+ en Argentina.<sup>1</sup>

El sector Eficiencia Energética del programa Euroclima+ tiene por objetivo contribuir a la mitigación y adaptación del cambio climático mediante la aplicación de medidas de eficiencia energética. Se enmarca en las Contribuciones Nacionales Determinadas asumidas por los países para cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Es un programa financiado por la Unión Europea y cofinanciado por el gobierno federal de Alemania a través del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, así como por los gobiernos de Francia y España [1].

El objetivo del producto 6 “Edificios municipales energéticamente sustentables” es conocer el estado de la red de edificios municipales de Argentina en cuanto a eficiencia energética. Posteriormente, proponer planes de rehabilitación y materializar una muestra reducida. La entidad responsable en Argentina es la Universidad Nacional de La Plata [2].

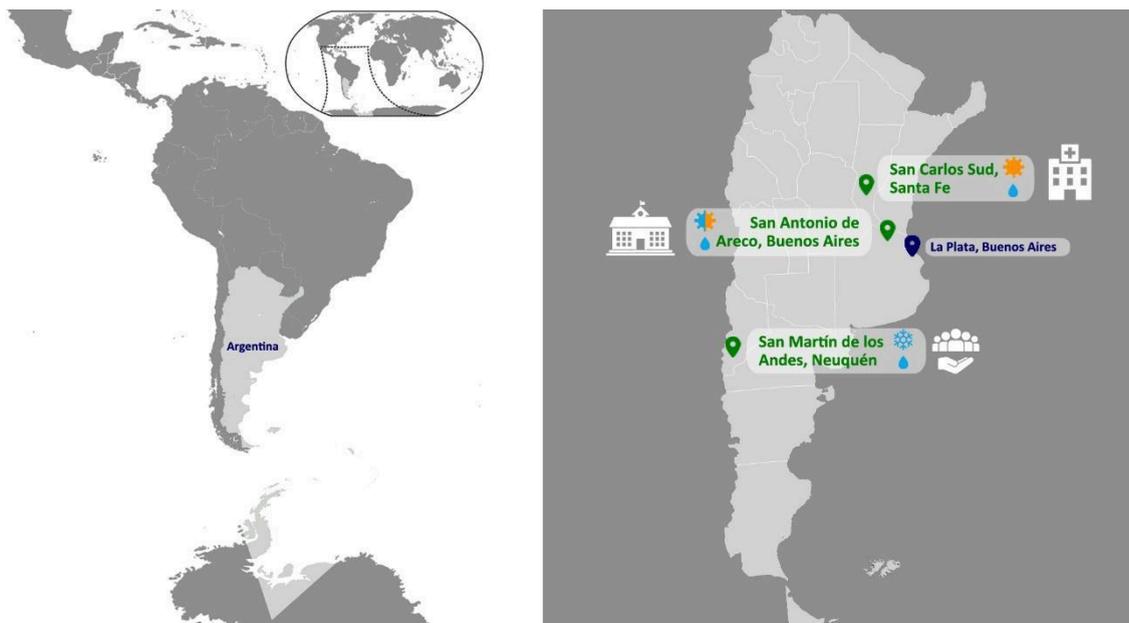
Durante el año 2021 y 2022 se han realizado 47 auditorías energéticas en 15 municipios de Argentina. Los viajes para realizar el trabajo de campo partieron desde la ciudad de La Plata, donde se ubica la universidad y el laboratorio con el instrumental

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado en el marco del Proyecto Edificios Municipales Energéticamente Sustentables. Programa EUROCLIMA - Unión Europea. Convenio Agencia Francesa de Desarrollo - Universidad Nacional de La Plata. Nº AFD CZZ 2300 11.

necesario. Los edificios analizados se encuentran distribuidos en el territorio nacional, que posee 3.694 kilómetros de norte a sur y 1.408 kilómetros de este a oeste [3]. Se abarcó desde clima muy cálido en latitud  $-27^{\circ}$  a clima muy frío en latitud  $-42^{\circ}$ ; desde el nivel del mar a valles en la cordillera de los Andes. Se auditaron edificios de múltiples usos y funciones: palacios municipales, dependencias administrativas, bibliotecas, museos, escuelas, unidades sanitarias, hospitales, jardines maternales, centros culturales, centros barriales, entre otros.

En este trabajo se presentan tres edificios de los auditados para el proyecto. Uno de ellos es la Escuela Municipal General Manuel Belgrano. Se encuentra en San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires, a 177 km de la ciudad de La Plata. El clima es templado-cálido y húmedo (latitud  $34^{\circ}$  sur). Otro caso es el Centro de Salud Selma Kärst, ubicado en la comuna de San Carlos Sud, provincia de Santa Fe. Este sitio se encuentra a 515 km de la ciudad de La Plata. Es un clima cálido y húmedo (latitud  $32^{\circ}$  sur). El tercer edificio se trata del Centro Comunitario El Molino, ubicado en San Martín de los Andes, municipio de la provincia de Neuquén, a 1.596 km de la ciudad de La Plata. Se trata de un municipio ubicado en un valle de la cordillera de los Andes, a 640 m.s.n.m. Allí el clima es muy frío (latitud  $40^{\circ}$  sur).



**Figura 1:** Ubicación de los edificios que se presentan en este trabajo. (Fuente: elaboración propia).

En los siguientes párrafos se describirá con mayor detalle cada uno de los tres edificios. Se podrá conocer sobre las características generales del entorno, la distribución de espacios dentro del edificio, los usos y la materialidad. Posteriormente se describe la metodología utilizada para la obtención de la información necesaria y para el cálculo de la demanda de energía. Por último se exponen los resultados y las conclusiones.

## 1.2. Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires.

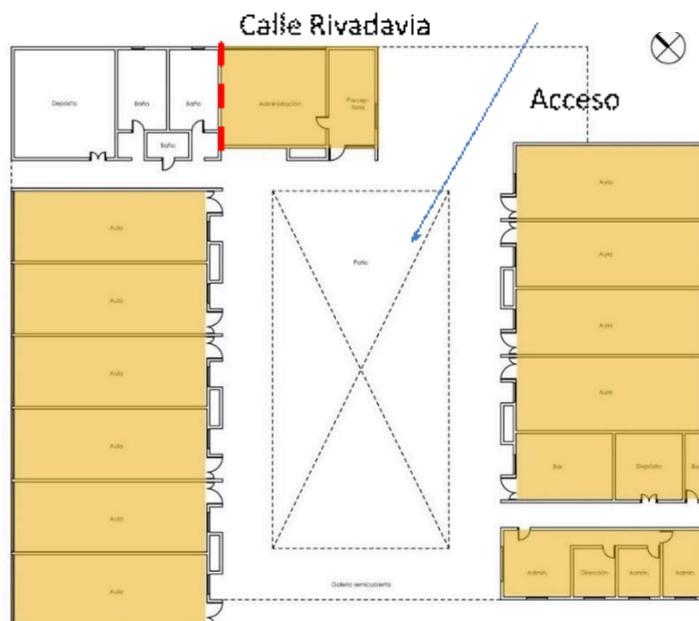
La Escuela Municipal General Manuel Belgrano es una escuela secundaria de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup> de superficie que se inauguró en el año 2018.

San Antonio de Areco, donde se encuentra ubicada la escuela, es considerado uno de los pueblos más antiguos de la Provincia de Buenos Aires. Data del año 1728 y conserva la arquitectura de estilo colonial de la época, especialmente en el sector céntrico. Es un municipio cercano a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que cuenta con aproximadamente 23.000 habitantes. Ha mantenido y cultivado las tradiciones de la cultura gauchesca y desarrolla una importante actividad agropecuaria y turística. Como se mencionó anteriormente, el clima es templado-cálido y húmedo.

El edificio tiene diez aulas para 340 estudiantes, dispuestas alrededor de un patio central, un sector para la administración cerca del acceso, otro sector para la dirección, un depósito, sanitarios y la zona del bar.



**Figura 2:** Acceso al edificio. (Fuente: elaboración de Jorge Daniel Czajkowski en la auditoría)



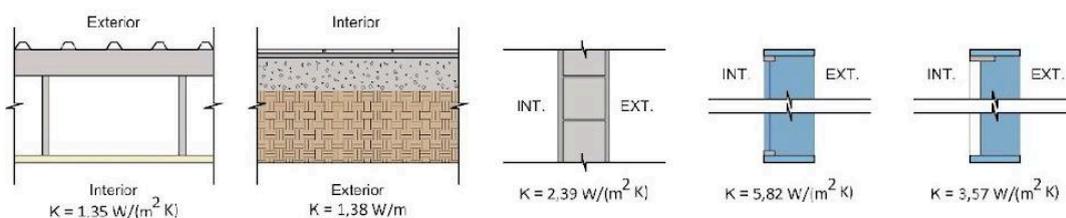
**Figura 3:** Distribución de espacios de la Escuela Municipal General Manuel Belgrano (Fuente: elaboración conjunta de Julián Basualdo Rapetti y María Belén Birche a partir de fotocopias aportadas por el municipio).

Respecto a la materialidad del edificio, la cubierta posee hacia el exterior chapas trapezoidales de zinc (espesor  $e = 0,05$  cm) color negro. Las mismas se apoyan sobre perfiles metálicos desde los cuales se mantiene suspendido el cielorraso compuesto por placas de lana de vidrio con revestimiento de PVC ( $e = 2$  cm). La altura al cielorraso es de 3,20 metros en el interior del edificio. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  para este componente de la envolvente edilicia es  $1,35$   $W/(m^2 K)$  en invierno y  $1,23$   $W/(m^2 K)$  en verano. (La metodología de cálculo se menciona en el punto dos del presente artículo).

Los pisos están constituidos por baldosas graníticas color gris claro ( $e = 2$  cm) sobre una carpeta de cemento ( $e = 2$  cm) y contrapiso de hormigón pobre ( $e = 15$  cm). No posee aislante perimetral ni aislante superficial. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  adoptado para este componente de la envolvente edilicia es  $1,38$   $W/m$ .

Los muros son de 23 cm de espesor y están compuestos por bloques de hormigón ( $e = 19$  cm) con revoque en ambas caras ( $e = 2$  cm en cada cara). No poseen aislación térmica ni acústica. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  calculado para este componente de la envolvente edilicia es  $2,39$   $W/(m^2 K)$ .

Respecto a las ventanas, son aberturas de marco de aluminio sin ruptor de puente térmico, cierre con burlete y vidrio simple. Algunas presentan parasol y otras aleros. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  adoptado es  $5,82$   $W/(m^2 K)$ . Las puertas son de doble chapa de acero ( $e = 0,9$  mm cada una) y de 5 cm de espesor total. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  calculado es  $3,57$   $W/(m^2 K)$ .



**Figura 4:** Detalle de la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Escuela Municipal General Manuel Belgrano (Fuente: elaboración propia).

La instalación lumínica se compone por artefactos LED. El sistema de calefacción funciona con gas natural. Se distribuye por medio de difusores conectados por una red de conductos. Hay siete calderas marca Goodman, modelo CAPF 363686. En verano se utilizan ventiladores, una unidad de aire acondicionado tipo Split y un equipo de refrigeración Goodman acoplado a un equipo CAPF 363686. Durante enero (verano) el edificio permanece cerrado.

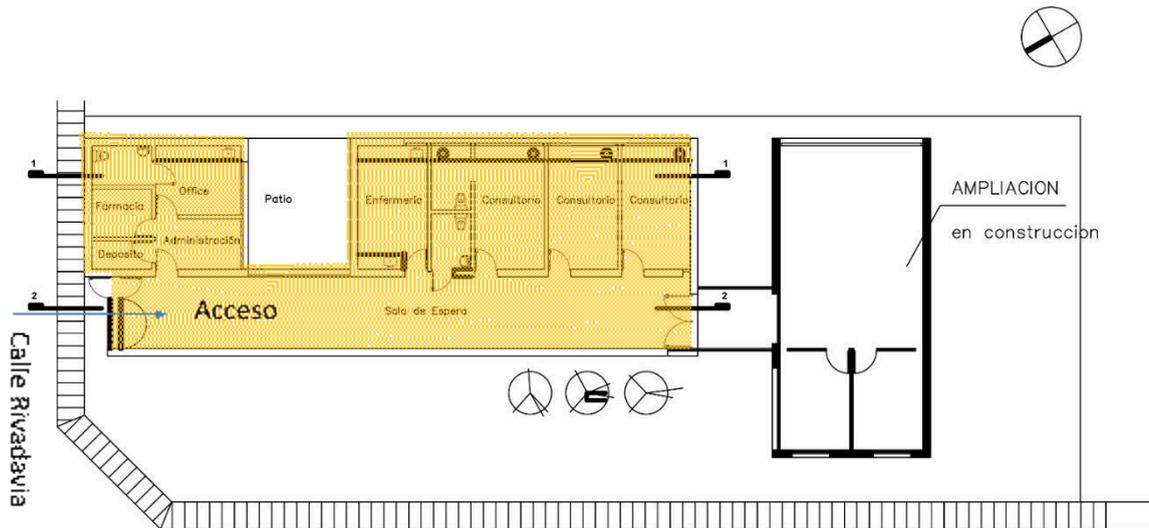
### 1.3. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe.

Comenzando a describir el siguiente caso, el Centro de Salud Selma Kärst, se inauguró en el año 2015 y cuenta con la atención de distintas especialidades como odontología, pediatría, clínica, psicología y terapeuta ocupacional. Tiene una superficie cubierta de aproximadamente 165 m<sup>2</sup>. Se encuentra en San Carlos Sud, una comuna rodeada de campos de cultivo con uso intensivo de agroquímicos [4]. El clima allí es cálido y húmedo, se ve altamente influenciado por su cercanía a los ríos Paraná y Salado, los cuales suelen provocar inundaciones recurrentes a la región [4]. La población es de 2102 habitantes, que se han radicado en la ciudad en busca de espacios verdes propios en su terreno y disfrutar de la tranquilidad de las zonas suburbanas. Sin embargo, siguen manteniendo sus actividades diarias en otras localidades, principalmente, en la ciudad de Santa Fe [4].

El edificio tiene cuatro consultorios, sanitarios, una cocina, depósito, farmacia y una zona administrativa y de recepción. La cantidad de personas que utiliza el edificio es variable, pero se estima que 18 personas lo hacen en forma simultánea.



**Figura 5:** Acceso al edificio. Fotografía tomada durante la auditoría. (Fuente: elaboración propia)



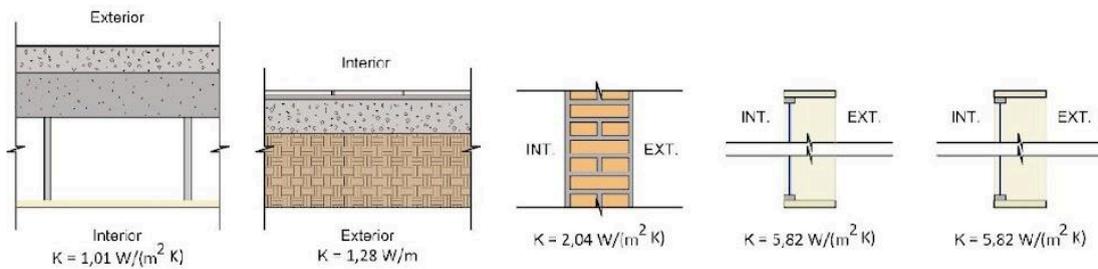
**Figura 6:** Plano en planta del edificio. (Fuente: Material aportado por la comuna).

En cuanto a la materialidad de la envolvente del edificio, la cubierta son losas de hormigón armado de 20 cm de espesor y 12 cm de contrapiso de hormigón pobre con membrana líquida impermeabilizante del lado exterior. En el interior, puede observarse la presencia de un cielorraso de placas de yeso de 2 cm suspendido a 50 cm de la losa. La altura del cielorraso es de 2,70m y 4,20m en consultorios y enfermería. El coeficiente de transmitancia térmica K calculado tiene un valor de 1,01 W/(m<sup>2</sup> K) en invierno y 0,94 W/(m<sup>2</sup> K) en verano.

Los pisos están constituidos por baldosas graníticas color claro (2 cm de espesor) sobre carpeta de cemento (2 cm de espesor) y contrapiso de hormigón pobre (15 cm de espesor). Sin aislante perimetral ni aislante superficial. El coeficiente de transmitancia térmica K adoptado es 1,28 W/m.

Los muros son de 30 cm de espesor y están constituidos por ladrillos portantes macizos (12x24cm) con revoque en ambas caras. El coeficiente de transmitancia térmica K calculado es 2,04 W/(m<sup>2</sup> K).

Las aberturas son de marco de aluminio sin ruptor de puente térmico, cierre con burlete y vidrio simple laminado (3mm+3mm). Algunas tienen rejas. El coeficiente de transmitancia térmica K adoptado es 5,82 W/(m<sup>2</sup> K).



**Figura 7:** Detalle de la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Centro de Salud Selma Kärst (Fuente: elaboración propia).

La instalación lumínica se compone por artefactos LED y algunas lámparas bajo consumo. Respecto al sistema de acondicionamiento térmico, el edificio cuenta con un aire acondicionado frío-calor en cada consultorio, otro en administración y en la cocina de tamaño similar (6 unidades de 3,4 kW de potencia aprox.). En la sala de espera se cuenta con una unidad de mayor potencia (10,4 kW) y además hay ventiladores.

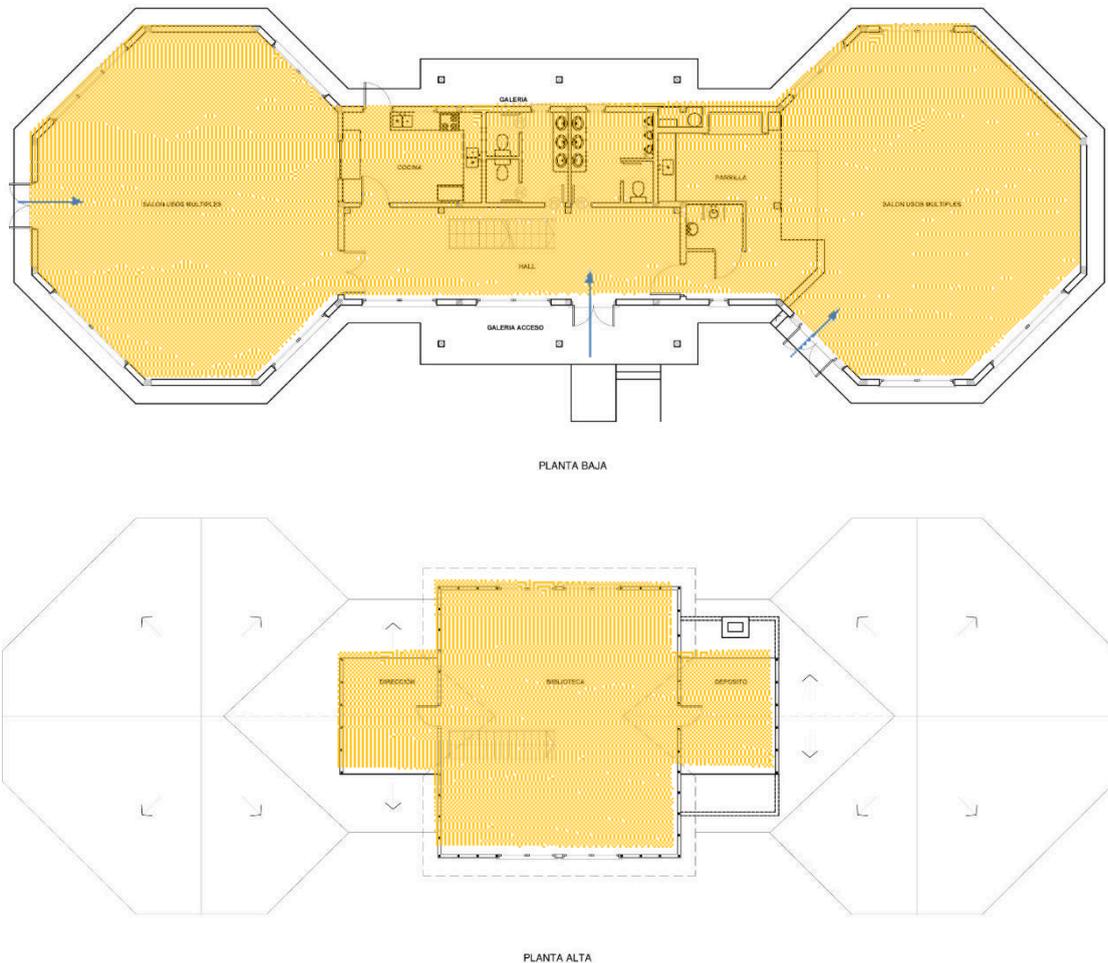
#### 1.4. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén.

Continuando con el último caso que se presenta en este artículo, el Centro Comunitario El Molino se ubica en San Martín de los Andes, un municipio de aproximadamente 30.000 habitantes ubicado en un valle de la cordillera de los Andes, a 640 m.s.n.m. Allí el clima es muy frío (latitud 40° sur). Con los parques nacionales en verano, y los centros de esquí en el invierno, San Martín de los Andes se posiciona como un importante centro turístico de la Patagonia argentina. El contexto económico y la naturaleza fomentan la migración desde las grandes ciudades. Luego de la pandemia del año 2020 y la difusión del trabajo virtual, la migración y el crecimiento ha sido aún mayor.

El edificio tiene aproximadamente 400 m<sup>2</sup> cubiertos y cuenta con dos salones de forma octogonal a cada lado. En uno de ellos se realizan actividades para adultos mayores y en el de la izquierda funciona un gimnasio y escuela no tradicional. En el centro de la planta baja funciona la cocina. En la planta alta hay una biblioteca y la oficina de dirección. En el edificio se realizan diferentes actividades para los vecinos a lo largo del día, incluyendo clases de danzas y talleres. Cuenta con 12 personas que permanecen trabajando de forma fija. Suele haber 40 personas más en simultáneo y aproximadamente 120 por día. Los planos indican que la construcción es del año 2001.



**Figura 8:** Fotografía del edificio tomada durante la auditoría. (Fuente: elaboración propia)



**Figura 9:** Plano en planta del edificio. (Fuente: Material aportado por el municipio con modificaciones realizadas por los auditores de acuerdo a lo observado).

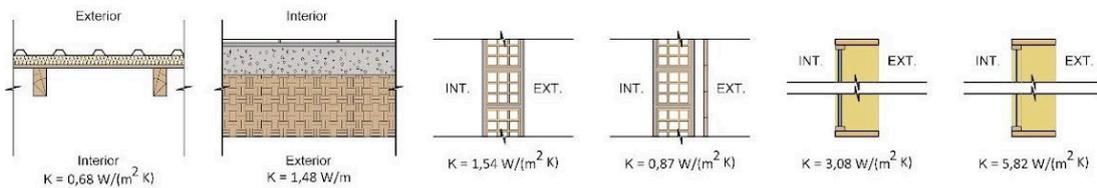
Continuando con la materialidad del edificio, la cubierta se trata de una estructura liviana de madera, compuesta por cabriadas sobre las que se encuentran los cabios que sostienen el entablonado de  $\frac{3}{4}$ " de espesor. Por encima se colocó un film de polietileno de 200 micrones y lana de vidrio de 5 cm. Hacia el exterior se encuentra la chapa de zinc acanalada negra. El coeficiente de transmitancia térmica K en invierno es  $0,68 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Los pisos están constituidos por baldosas cerámicas para alto tránsito de  $30 \times 30 \text{ cm}$  (2 cm de espesor) sobre carpeta de cemento ( $e = 2 \text{ cm}$ ) y platea de hormigón armado ( $e = 12 \text{ cm}$ ). Sin aislante perimetral ni aislante superficial. El coeficiente de transmitancia térmica K es:  $1,48 \text{ W}/\text{m}$ .

Hay diferentes tipos de muros en el edificio. En planta baja son de ladrillo hueco ( $e = 18 \text{ cm}$ ) con revoque en ambas caras ( $e = 2 \text{ cm c/u}$ ). Tienen revestimiento de piedra en la parte inferior. El espesor total es  $22 \text{ cm}$  y el coeficiente de transmitancia térmica K vale

1,54 W/(m<sup>2</sup> K). En la planta alta son de ladrillo hueco (e=18cm) con revoque interior (e = 2 cm) y en el exterior, estructura de madera con cámara de aire (e = 5 cm) recubierto de madera de ¾" (e = 1,90 cm). El espesor total es 27 cm y el coeficiente de transmitancia térmica K resulta 0,87 W/(m<sup>2</sup> K).

Las aberturas son de marco de madera, la mayoría de ellas (todas excepto la de la cocina y las puertas) cuentan con DVH compuesto por dos vidrios incoloros de 3mm cada uno y una cámara de 12 mm. Algunas aberturas no tienen burlete y algunas puertas tienen rejillas de ventilación. Las ventanas tienen cortinas de tela color claro en el interior, pero en la biblioteca tienen estores opacos. No hay antecámara de entrada. El coeficiente de transmitancia térmica K de ventanas es 3,08 W/(m<sup>2</sup> K) y para puertas y ventana de vidrio simple: 5,82 W/(m<sup>2</sup> K).



**Figura 10:** Detalle de la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Centro Comunitario El Molino (Fuente: elaboración propia).

La iluminación se efectúa mediante el uso de luces LED y bajo consumo, con tubos y focos puntuales. El edificio cuenta con estufas que funcionan a partir de gas natural, tiro balanceado de 9000 cal/h (en planta baja hay cinco y en planta alta hay una). Además en la planta alta hay un aire acondicionado Split frío-calor, de 3,49kW de capacidad de refrigeración y 3,1kW en calefacción. Respecto a la refrigeración, solo la biblioteca cuenta con un equipo para ese fin. El resto del edificio utiliza ventilación natural.

## 2. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Las auditorías energéticas que se realizaron en cada edificio están compuestas por el trabajo de laboratorio, donde se procesa la información y el trabajo de campo, dentro de cada edificio.

El trabajo de laboratorio consiste en las siguientes actividades:

- Recolección de datos antes del trabajo de campo y ordenamiento de la información en planillas de datos.
  - Nombres y ubicación de los edificios a auditar.
  - Determinación de fechas para auditar los edificios. Contacto del anfitrión.
  - Solicitud de planos de los edificios, en planta corte y vista, en formato AutoCAD y PDF. Estudio de la información faltante a recolectar.
  - Solicitud de consumos históricos de energía eléctrica y gas natural.
- Desarrollo de programas en Excel

- o Para elaboración de gráficos de temperatura y humedad.
- o Para elaboración de diagramas psicrométricos disponible en [5].
- o Para cálculo de coeficientes de transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente. Elaborado a partir de la normativa nacional [6]
- o Para cálculo de la demanda de energía de la situación original y mejorada. Elaborado a partir de la normativa nacional [6] disponible en [7].
- Descarga de información recolectada en el trabajo de campo.
- Procesamiento de la información utilizando los programas desarrollados.
  - o Elaboración de gráficos de temperatura y humedad de invierno y de verano.
  - o Elaboración de diagramas psicrométricos de invierno y de verano.
  - o Cálculo de la demanda de energía de la situación original y mejorada.
- Elaboración del informe para cada edificio.

El trabajo de campo incluye las siguientes actividades:

- Recolección de datos durante el trabajo de campo y ordenamiento de la información. Cada edificio fue visitado en cuatro ocasiones. Dos en invierno y dos en verano. En la primera visita se coloca el instrumental de medición y en la segunda visita (una semana después) se retira.
  - o Relevamiento de la materialidad de la envolvente que no estuviera indicada en los planos (cubiertas, muros, pisos, aberturas). Midiendo espesores y observando materiales. Realizando una descripción en planillas y tomando fotografías.
  - o Relevamiento de las instalaciones lumínicas y térmicas.
  - o Relevamiento de cantidad de personas que utilizan el espacio y equipos de interés en la emisión de calor.
  - o Colocación de medidores de temperatura y humedad (Hobo).
  - o Realización de encuestas de percepción a usuarios del edificio. Incluye percepción del confort térmico en invierno y en verano, confort lumínico, información sobre el uso del edificio, horarios de ventilación, etc.
  - o Lectura de medidores de gas y energía eléctrica.
  - o Realización de fotografías termográficas.
  - o En los casos en que los planos no contaran con la información, relevamiento de alturas de los espacios. En los casos en los que los planos no estuvieran disponibles, elaboración de croquis.

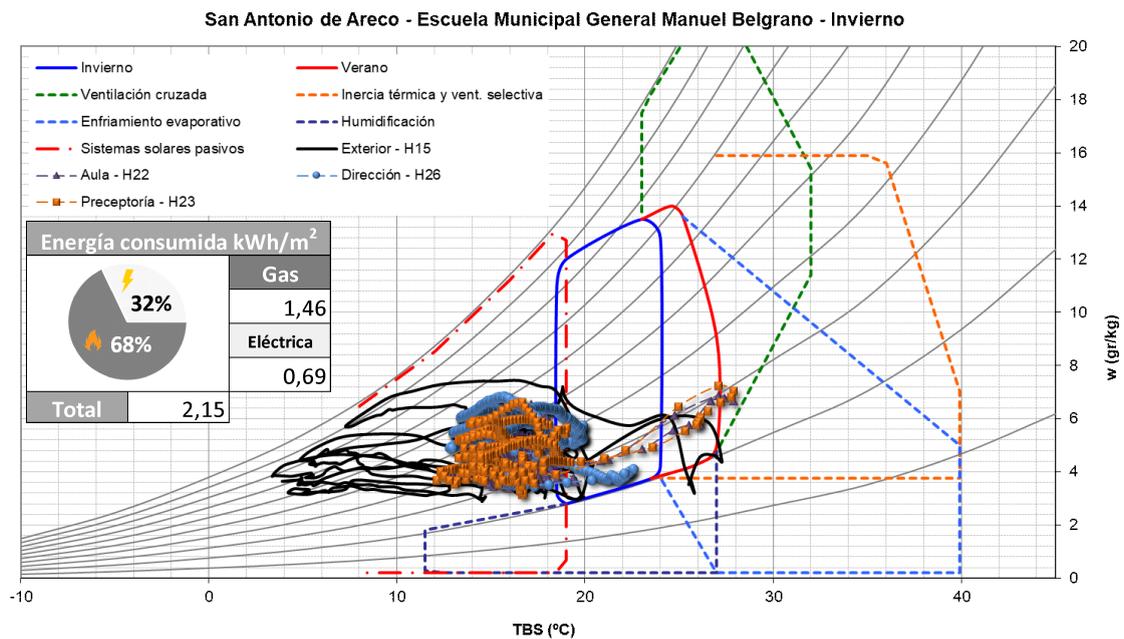
### 3. RESULTADOS

En los siguientes párrafos se exponen los resultados obtenidos para cada edificio. En primer lugar se muestran los diagramas psicrométricos de invierno y de verano, donde se visualiza la temperatura y humedad en el exterior y en el interior del edificio medida durante una semana. Se grafican las líneas que delimitan el confort higrotérmico como referencia para comprender la situación del edificio. En conjunto con los diagramas psicrométricos se expone un gráfico que detalla el consumo de energía asociado al

mismo período. Se detallan las mejoras propuestas. Luego se continúa con la demanda de energía para la situación original y para la situación con propuestas de mejora. Por último se comparten algunos resultados de las encuestas realizadas y observaciones.

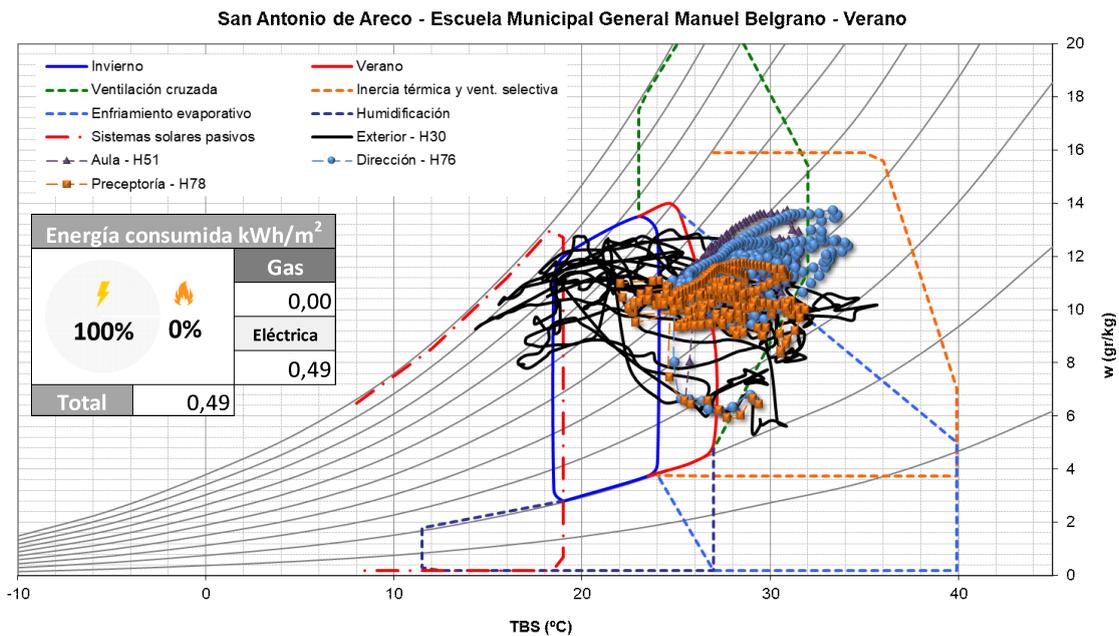
### 3.1. Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires.

Durante el 19/8/2021 y el 26/8/2021 se realizaron mediciones de temperatura y humedad mediante sensores ubicados en un aula, la dirección, preceptoría y el exterior. Luego de procesar la información se obtuvo el siguiente diagrama:



**Figura 11:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de invierno. Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires. (Fuente: elaboración propia según [5])

A partir de las mediciones realizadas en los mismos sitios, entre el 06/12/2021 y el 13/12/2021, se obtuvo:



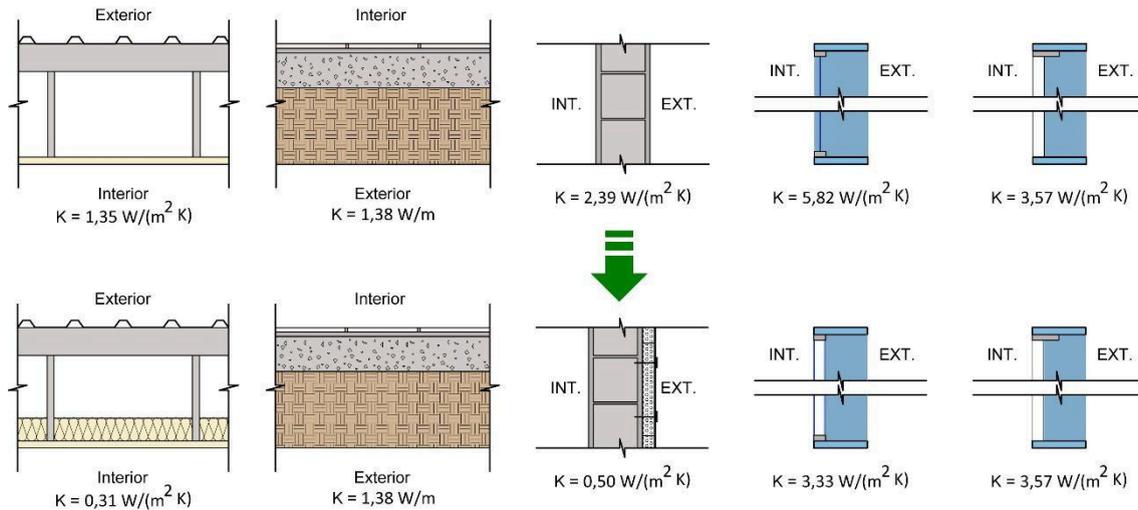
**Figura 12:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de verano. Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires. (Fuente: elaboración propia según [5])

Para este edificio se ha encontrado que, tanto en invierno como en verano, la mayor parte del tiempo funciona por fuera del área de confort higrotérmico, a pesar del consumo energético que sostiene las temperaturas del interior. Se propusieron las siguientes mejoras:

Incorporar lana de vidrio sobre el cielorraso desmontable ( $e = 10$  cm). Luego de desmontarlo y colocar la lana de vidrio se vuelve a montar. Con estas mejoras se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica  $K$  de  $0,31$  W/(m<sup>2</sup> K) en invierno y  $0,30$  W/(m<sup>2</sup> K) en verano. No se proponen mejoras para el piso dada la complejidad que implica en obra.

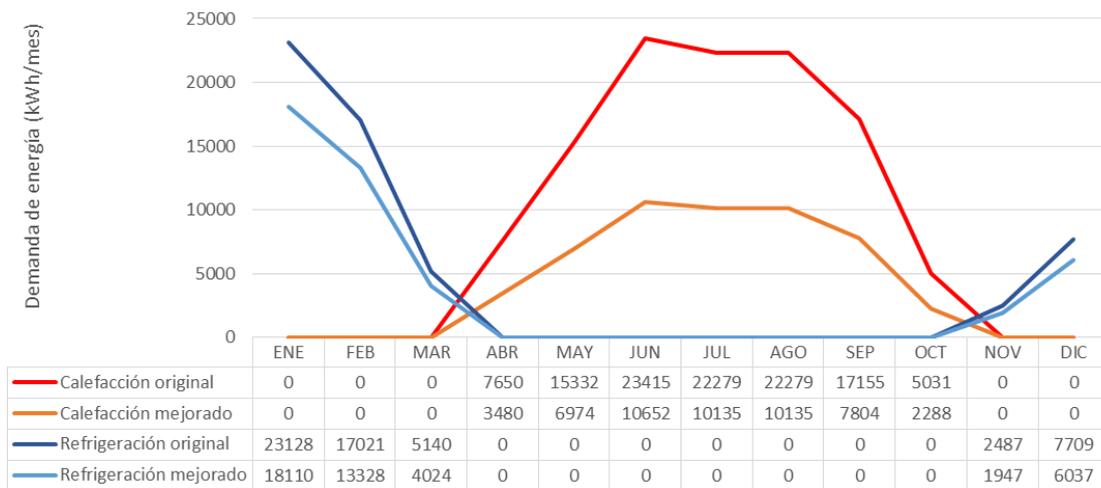
En los muros se propone agregar al paquete original y hacia el exterior Base Coat ( $e = 0,2$  cm) luego EPS  $30\text{kg/m}^3$  ( $e = 5$  cm). Sobre el EPS, Base Coat con doble malla de fibra de vidrio ( $e = 0,4$  cm) y las arandelas de refuerzo ( $4/\text{m}^2$ ). Luego otra capa de Base Coat con lana lisa ( $e = 0,1$  cm) y por último Finish+Color ( $e = 0,3$  cm). De este modo se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica  $K$  de  $0,50$  W/(m<sup>2</sup> K).

En las aberturas se propone utilizar la estructura de la ventana original y transformarla en una ventana de doble vidrio. De este modo se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica  $K$  de  $3,33$  W/(m<sup>2</sup> K). Respecto a las puertas se mantienen las mismas.



**Figura 13:** Mejoras para la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Escuela Municipal General Manuel Belgrano (Fuente: elaboración propia).

La demanda de energía que se obtuvo para la situación original y mejorada fue la siguiente:



**Figura 14:** Demanda de energía de calefacción y refrigeración para la situación original y mejorada. Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires. (Fuente: elaboración propia en base a [6])

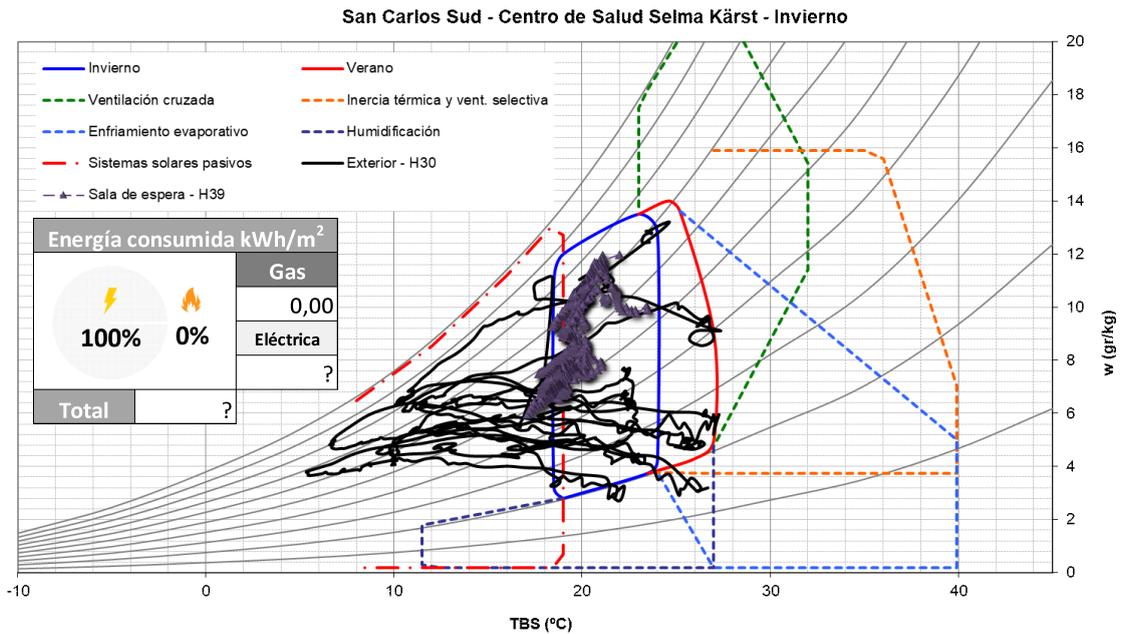
**Tabla 1:** Demanda de energía anual: Escuela Municipal General Manuel Belgrano, San Antonio de Areco, Buenos Aires. (Fuente: elaboración propia en base a [6])

Demanda de energía	Calefacción	Refrigeración	Total
<b>Original</b>	113140,96 (kWh/año)	55485,28 (kWh/año)	168626,25 (kWh/año)
<b>Mejorado</b>	51468,39 (kWh/año)	43446,01 (kWh/año)	94914,39 (kWh/año)
<b>Reducción de demanda</b>	54,51 (%)	21,70 (%)	43,71 (%)

Otras propuestas de mejora incluyen instalar paneles solares para el abastecimiento eléctrico y reemplazar el sistema de calefacción por bombas de calor y sondas geotérmicas.

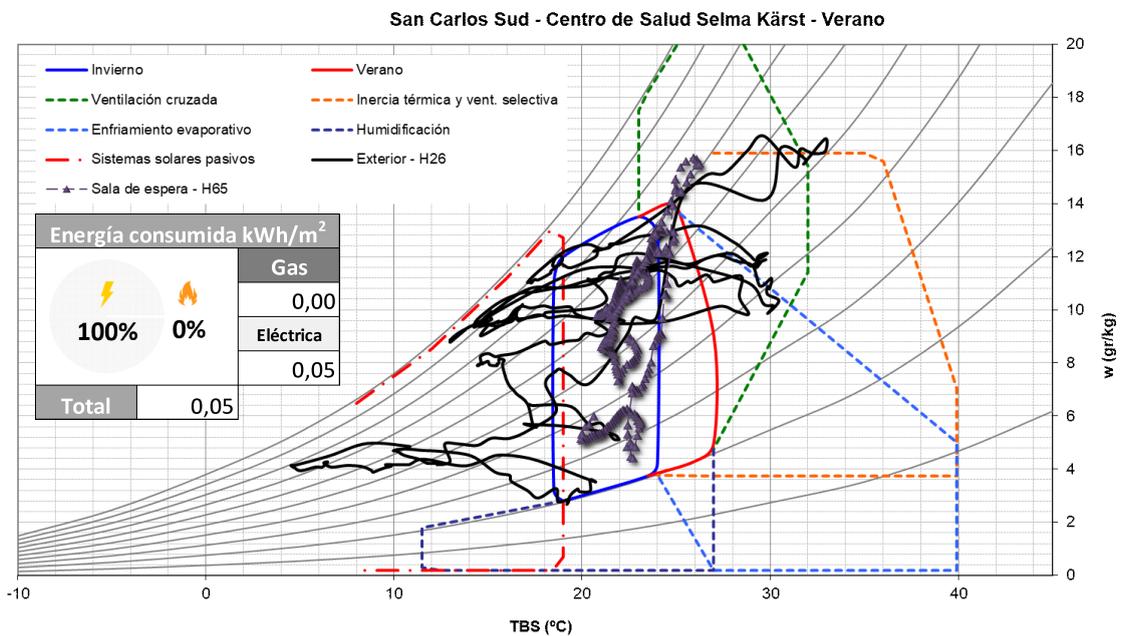
### **3.2. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe.**

A partir de las mediciones de temperatura y humedad realizadas por medio de sensores ubicados en la sala de espera y el exterior, entre el 30/09/2021 y el 14/10/2021, se obtuvo el siguiente diagrama psicrométrico.



**Figura 15:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de invierno. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe. (Fuente: elaboración propia en base a [5])

A partir de las mediciones realizadas en los mismos sitios, entre el 24/3/2021 y el 31/03/2021, se obtuvo el siguiente diagrama psicrométrico:



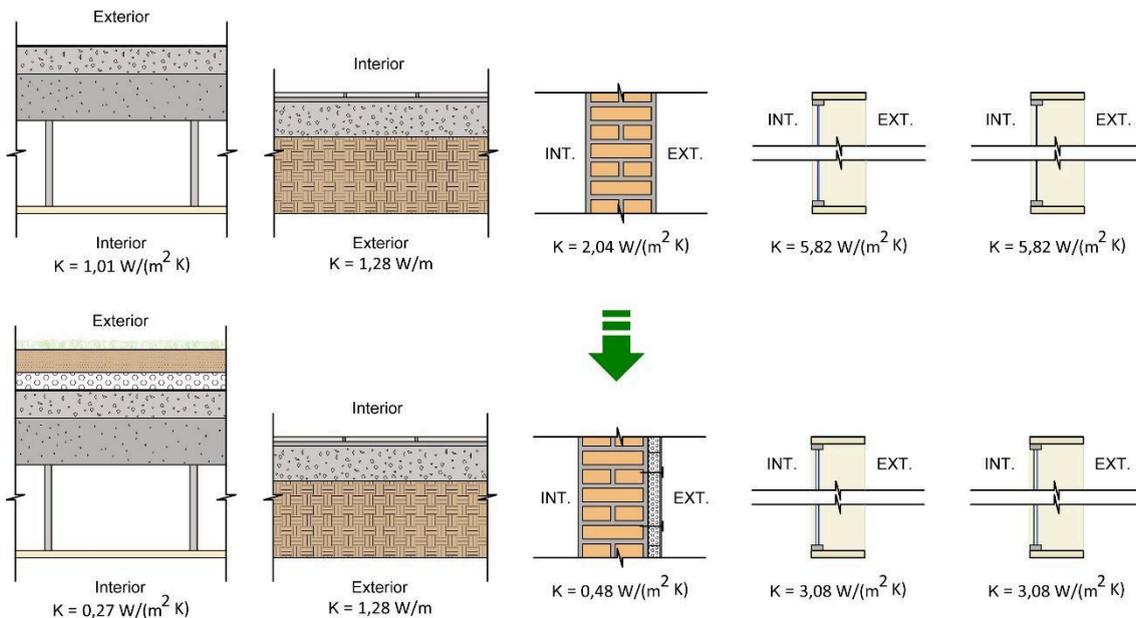
**Figura 16:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de verano. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe. (Fuente: elaboración propia en base a [5])

Puede observarse que este edificio presenta un mejor comportamiento higrotérmico. Es posible que este comportamiento se deba a la inercia de los muros. El consumo de gas es nulo ya que no cuenta con el suministro. Se propusieron las siguientes mejoras:

Se propone colocar en la cubierta, sobre la membrana impermeable del contrapiso, una barrera anti-raíz luego una placa termo-drenante NeotechRoof (e = 7,4 cm), un manto geotextil y suelo fértil (e = 10 cm) con vegetación, previa verificación estructural. De no encontrarse en buen estado la membrana impermeable, colocar una capa nueva. Incorporando estas mejoras se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica K igual a 0,27 W/(m<sup>2</sup> K) en invierno y en verano. No se proponen mejoras para el piso dada la complejidad que implica en obra.

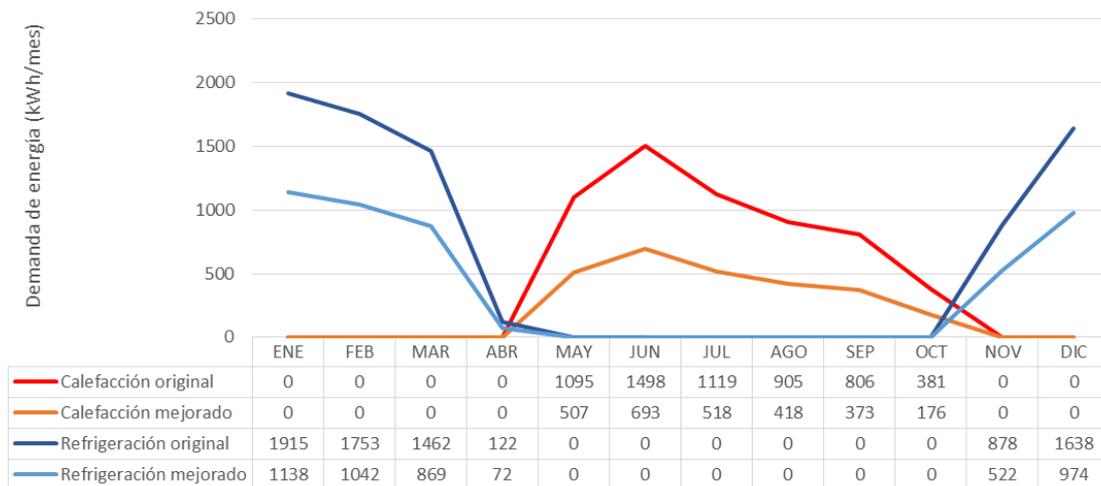
En los muros, se propone agregar al paquete original y hacia el exterior Base Coat (e = 0,2 cm), luego EPS 30kg/m<sup>3</sup> (e = 5 cm). Sobre el EPS, Base Coat con doble malla de fibra de vidrio (e = 0,4 cm) y las arandelas de refuerzo (4/m<sup>2</sup>). Luego otra capa de Base Coat con llana lisa (e = 0,1 cm) y por último Finish+Color (e = 0,3 cm). De este modo el coeficiente de transmitancia térmica mejora a K = 0,48 W/(m<sup>2</sup> K).

Se recomienda reemplazar las aberturas por otras con doble vidrioado hermético. De este modo el coeficiente de transmitancia térmica K tendrá un valor 3,08 W/(m<sup>2</sup> K).



**Figura 17:** Mejoras para la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe. (Fuente: elaboración propia).

La demanda de energía que se obtuvo para la situación original y mejorada fue la siguiente. Es importante aclarar que el cálculo de la demanda de energía no considera la inercia térmica de los elementos.



**Figura 18:** Demanda de energía de calefacción y refrigeración para la situación original y mejorada. Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe. (Fuente: elaboración propia en base a [6])

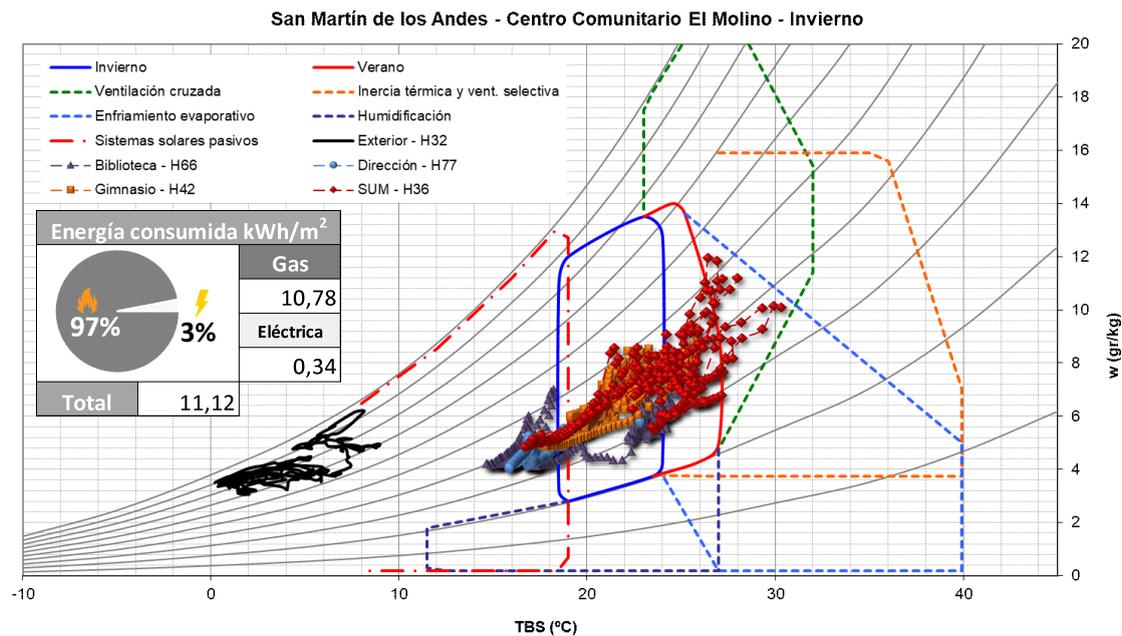
**Tabla 2:** Demanda de energía anual: Centro de Salud Selma Kärst, San Carlos Sud, Santa Fe. (Fuente: elaboración propia en base a [6])

Demanda de energía	Calefacción	Refrigeración	Total	
<b>Original</b>	5803,95 (kWh/año)	7768,36 (kWh/año)	13572,31 (kWh/año)	82,61 (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Mejorado</b>	2684,64 (kWh/año)	4617,15 (kWh/año)	7301,80 (kWh/año)	44,44 (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Reducción de demanda</b>	53,74 (%)	40,56 (%)	46,20 (%)	

Como recomendaciones adicionales se propone prestar especial atención a la vegetación. Teniendo en cuenta que San Carlos Sud es una comuna rodeada de campos de cultivo con agroquímicos, conservar la vegetación y en especial los árboles podrían contribuir a disminuir los efectos negativos de dichos productos. Contribuyen a reducir la carga térmica en verano, mejorar la calidad del aire y la biodiversidad. Agregar protección solar móvil tipo toldo para el patio interno y mosquiteros para insectos. Podrían instalarse paneles solares para el abastecimiento eléctrico y calefacción con sistema de geotermia. En las encuestas los usuarios se centraron en otros problemas del edificio, como la presencia de moho y olor cloacal. Es por ello que se propone resolver el problema con una adecuada ventilación para las cloacas. Es importante mencionar que las mejoras se proponen considerando la existencia de límites en los presupuestos y evitando obras complejas o que afecten al funcionamiento.

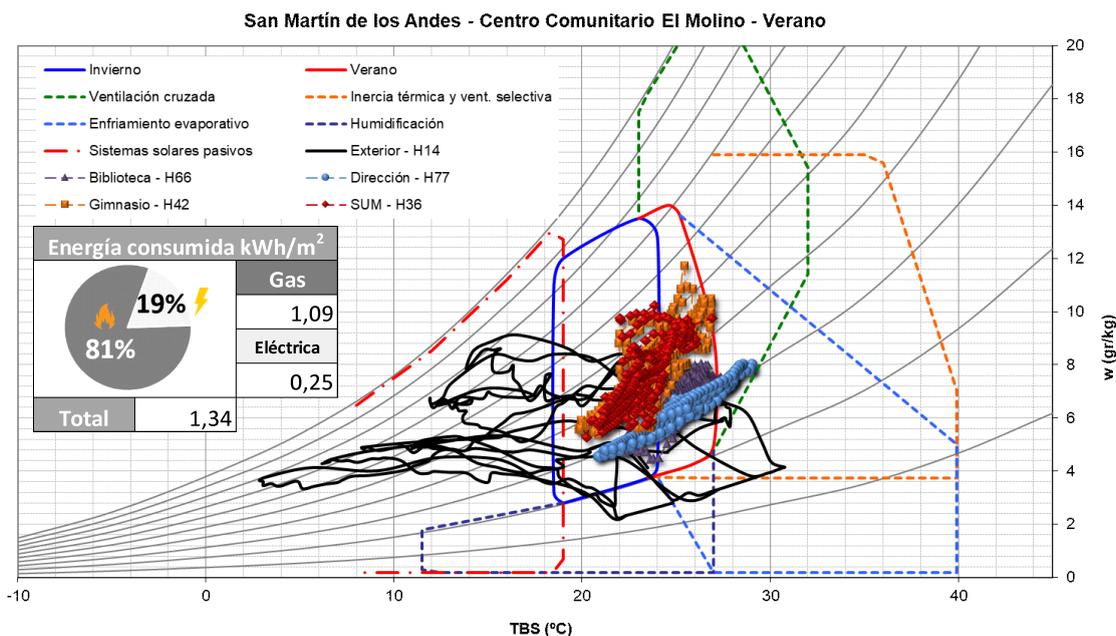
### 3.3. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén.

A partir de las mediciones de temperatura y humedad realizadas por medio de sensores ubicados en la biblioteca, dirección, gimnasio, S.U.M. y el exterior, entre el 27/06/2022 y el 04/07/2022, se obtuvo el siguiente diagrama psicrométrico.



**Figura 19:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de invierno. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén. (Fuente: elaboración propia en base a [5])

Con las mediciones realizadas en los mismos sitios, entre el 09/02/2022 y el 16/02/2022, se obtuvo el siguiente diagrama psicrométrico:



**Figura 20:** Diagrama psicrométrico y consumo de energía. Medición de verano. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén. (Fuente: elaboración propia en base a [5])

De los gráficos anteriores puede observarse que durante el invierno las temperaturas exteriores son bajas pero en el interior del edificio se alcanzan temperaturas que incluso superan los 30°C. El consumo de gas es mucho mayor que el consumo de energía eléctrica. En verano las temperaturas exteriores son más cercanas al confort y el edificio con poca energía logra ubicar su comportamiento en el área de confort. Para este edificio se propusieron las siguientes mejoras:

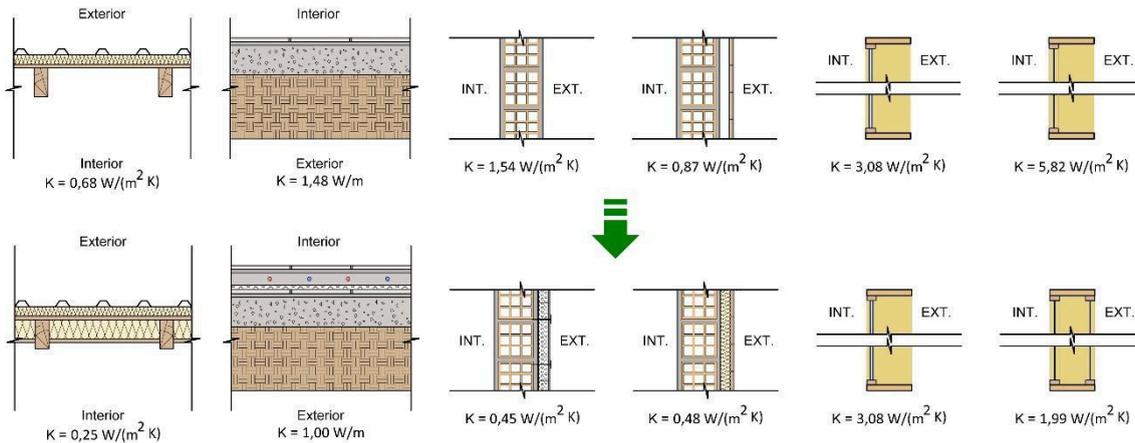
En la cubierta se propone colocar lana de vidrio de 10 cm de espesor por debajo del entablado de madera y entre los tirantes. Por debajo de la lana de vidrio se cubre agregando otro entablado de madera de espesor 3/4". Incorporando estas mejoras se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica  $K = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Teniendo en cuenta el confort de las personas mayores se propone colocar sobre el piso existente una aislación de 25 mm de EPS de 20kg/m<sup>3</sup>. Luego, una malla de acero electro-soldada y en esta, con precintos, se fija la serpentina para piso radiante. Por encima se colocan 6 cm de hormigón y baldosas cerámicas. Esta solución se aplicará en la planta baja. La serpentina para piso radiante únicamente en los dos salones de los extremos de la planta baja. Incorporando estas mejoras se obtiene un coeficiente de transmitancia térmica  $K$  igual a 1,00 W/m.

Respecto a los muros, en planta baja se propone agregar al paquete original y hacia el exterior Base coat ( $e=0,2\text{cm}$ ) luego EPS 30kg/m<sup>3</sup> ( $e=5\text{cm}$ ). Sobre el EPS, Base coat con doble malla de fibra de vidrio ( $e=0,4\text{cm}$ ) y las arandelas de refuerzo (4/m<sup>2</sup>). Luego otra capa de Base coat con llana lisa ( $e=0,1\text{cm}$ ) y por último Finish + color ( $e=0,3\text{cm}$ ). En caso de desearse puede volver a colocarse revestimiento de piedra. Con estas mejoras el coeficiente de transmitancia térmica  $K$  vale 0,45 W/(m<sup>2</sup> K).

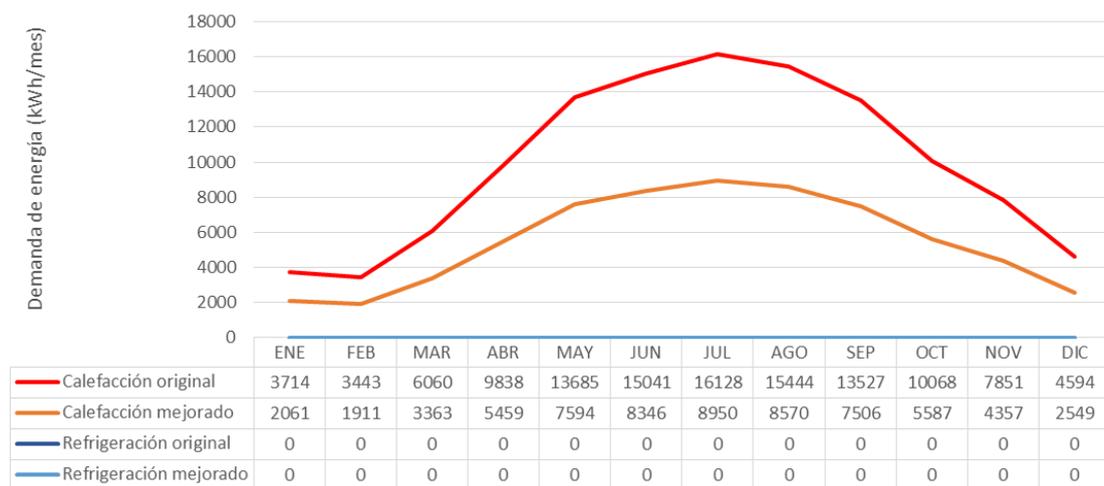
Para los muros de planta alta se quita el revestimiento de madera y luego se rellena la cámara de aire con celulosa proyectada o lana de vidrio y se vuelve a colocar el revestimiento de madera. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  mejora a  $0,48 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

En la versión mejorada se propone reemplazar la ventana de vidrio simple por una como las restantes DVH. Para las puertas, incorporar antecámara de ingreso para evitar el ingreso del frío aire exterior. El coeficiente de transmitancia térmica  $K$  para esta situación de las puertas vale  $1,99 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .



**Figura 21:** Mejoras para la cubierta, piso, muro, ventanas y puertas. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén. (Fuente: elaboración propia).

La demanda de energía que se obtuvo para la situación original y mejorada fue la siguiente:



**Figura 22:** Demanda de energía de calefacción y refrigeración para la situación original y mejorada. Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén. (Fuente: elaboración propia en base a [6])

**Tabla 3:** Demanda de energía anual: Centro Comunitario El Molino, San Martín de los Andes, Neuquén.  
(Fuente: elaboración propia en base a [6])

Demanda de energía	Calefacción	Refrigeración	Total	
<b>Original</b>	119394,26 (kWh/año)	0,00 (kWh/año)	119394,26 (kWh/año)	269,77 (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Mejorado</b>	66251,72 (kWh/año)	0,00 (kWh/año)	66251,72 (kWh/año)	149,70 (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Reducción de demanda</b>	44,51 (%)	0,00 (%)	44,51 (%)	

En las encuestas los adultos mayores indicaron que cada vez que alguien ingresa desde el exterior les ingresa aire muy frío. Incorporar antecámaras de entrada evitaría ese malestar. Los usuarios indican que tienen frío a pesar de que las mediciones muestran que en algunos momentos las temperaturas alcanzan los 30°C. Esto puede deberse a una mala distribución del calor, a que algunos usuarios son adultos mayores con poca movilidad, y principalmente al ingreso de aire frío por aberturas. En la biblioteca también tienen problemas con los olores que llegan desde la cocina por lo que se propone mejorar el sistema de extracción de aire de la cocina. También comentan que los espacios son amplios y altos por lo que tardan en calefaccionarse. Cuando los estudiantes tienen frío se van a la cocina ya que es un espacio más pequeño y fácil de calefaccionar. Los usuarios indican que se sienten bien sin refrigeración durante el verano. La dirección en planta alta no tiene ventanas y allí trabaja una persona, por lo que se propone colocar una ventana.

#### 4. CONCLUSIONES

El trabajo realizado sintetiza el análisis energético-ambiental en tres edificios en Argentina, localizados en regiones contrastantes respecto a las condiciones climáticas. Dicho trabajo fue efectuado en el marco de proyecto Euroclima+ como respuesta a la actual situación global en relación al consumo desmedido de recursos finitos y un aumento creciente de emisiones de gases de efecto invernadero. Durante las auditorías se presentaron diferentes inconvenientes. En especial la obtención inicial de información fue una gran dificultad, excepto en pocos casos. Esto implicó un trabajo extra para los auditores, que en algunos casos han tenido que utilizar el tiempo de trabajo de campo para tomar medidas que permitieran elaborar los planos. Muchos municipios no han podido obtener los consumos de energía históricos de los edificios, por lo que algunos indicadores no pudieron calcularse. A pesar de ello se logró obtener resultados y proponer mejoras que permitan disminuir el consumo energético de los edificios.

Se ha encontrado que los edificios no reúnen condiciones adecuadas de confort higrotérmico a pesar de consumir mucha energía. De los tres casos analizados los diagramas psicrométricos evidencian que la escuela de San Antonio de Areco es la que posee un peor comportamiento higrotérmico a pesar de encontrarse en un clima templado. En San Martín de los Andes poseen las cubiertas y muros con mejor aislación. También poseen el mayor consumo energético por metro cuadrado construido.

Con las mejoras de aislación en la envolvente edilicia se alcanza una reducción de la demanda de energía de al menos un 40%. Debe aclararse que el programa utilizado para el cálculo de la demanda energética no considera la inercia térmica de los elementos y es un importante recurso para alcanzar el confort.

## 5. AGRADECIMIENTOS

A todas las agencias y países que financiaron el proyecto Euroclima. A todo el equipo de trabajo de Euroclima. A los anfitriones de San Antonio de Areco: Lucas Smarke, de San Carlos Sud: Silvana Gullino y de San Martín de los Andes: Rubén Kalmbach que nos recibieron y acompañaron. A el CIEMAT por recibirme en España. A Pablo Ossola que me brindó su apoyo y confianza e hizo posible mi viaje a España.

## Referencias

- [1] Euroclima, *Secretaría de Energía de Argentina, Ministerio de Energía de Chile y Agencia de Sostenibilidad Energética publican avances tras 18 meses de ejecución de su proyecto de EUROCLIMA+*. <https://www.euroclima.org/noticias-eventos-energia/noticias-energia/1731-secretaria-de-energia-de-argentina-ministerio-de-energia-de-chile-y-agencia-de-sostenibilidad-energetica-publican-avances-tras-18-meses-de-ejecucion-de-su-proyecto-de-euroclima> (Accedido 15 Marzo 2023)
- [2] Euroclima, *Edificios Municipales Energéticamente Sustentables*. <https://www.euroclima.org/proyectos-energia/edificios-municipales-energeticamente-sustentables>. (Accedido 15 Marzo 2023).
- [3] Instituto geográfico nacional, *Límites, superficies y puntos extremos*. <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/LimitesSuperficiesyPuntosExtremos> (Accedido 15 Marzo 2023)
- [4] Ministerio de la Nación, *Plan estratégico territorial de San Carlos Sud* [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_estrategico\\_territorial\\_san\\_carlos\\_sud.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_san_carlos_sud.pdf) (Accedido 15 Marzo 2023)
- [5] J. D. Czajkowski, *Psiconf 1.0. Una aplicación para la graficación y análisis del confort higrotérmico, con datos de instrumental analógico o digital según el modelo de Baruch Givoni*. La Plata, 2022, [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141630>.
- [6] Instituto Argentino de Normalización y Certificación, *Norma 11601, 11603, 11604, 11605, 11659, 11900*.
- [7] M.B. Birche, J.D. Czajkowski, J.M. Fernández, *Programa para determinación de la eficiencia energética de edificios*. La Plata, 2023, [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/148275>