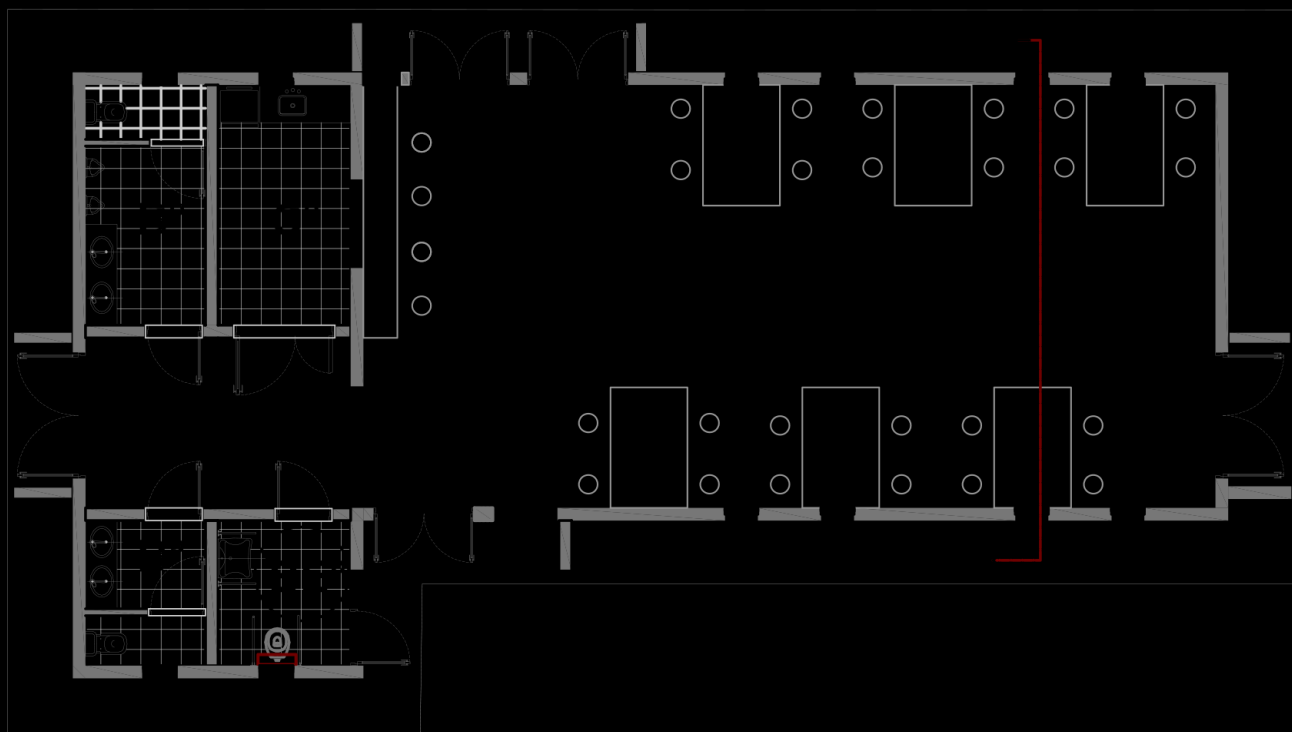


04

Edificio universitario con energía y carbono casi nulo: Caso Universidad Nacional de Santiago del Estero – Argentina



ESP En la coyuntura actual en que nos encontramos dada la sostenida emergencia sanitaria, social, económica y ambiental debido a causas antropogénicas, es necesario generar iniciativas innovadoras para mitigar los impactos negativos. El aporte desde el diseño del hábitat educativo para la sustentabilidad debe enfocarse en la disminución del impacto ambiental con propuestas de edificios de energía casi nula (nZIB) tanto en existentes como en nuevos. Aquí se presenta una evaluación de la reducción de energía y carbono equivalente de un edificio educativo universitario mediante la incorporación de un aislante térmico resuelto con remanente de industria textil. Se analiza el comportamiento térmico y ambiental de la situación actual y de la propuesta de mejora en forma comparativa. Los resultados obtenidos son muy alentadores. En conclusión, se valoran las alternativas de rehabilitación energética que reflejan beneficios de triple impacto e involucran a toda la comunidad educativa universitaria y a la sociedad en general.

ENG **University building with almost zero energy and carbon: Case of the National University of Santiago del Estero-Argentina**

In the current situation in which we find ourselves, given the sustained health, social, economic and environmental emergency due to anthropogenic causes, it is necessary to generate innovative initiatives to mitigate the negative impacts. The contribution from the design of the educational habitat for sustainability should focus on reducing the environmental impact with proposals for almost zero energy buildings (nZIB) both existing and new. Here an evaluation of the reduction of energy and equivalent carbon of a university educational building is presented by incorporating a thermal insulator resolved with remnants of the textile industry. The thermal and environmental behavior of the current situation and the improvement proposal are analyzed in a comparative way. The results obtained are very encouraging. In conclusion, the energy rehabilitation alternatives that reflect triple impact benefits and involve the entire university educational community and society in general are valued.

POR **Edifício universitário com energia e carbono quase nulo: caso Universidade Nacional de Santiago del Estero-Argentina**

Na atual conjuntura que transitamos pela emergência sanitária, social, econômica e ambiental devido a causas antropogênicas, é necessário produzir iniciativas inovadoras para mitigar os impactos negativos. O aporte desde o *design* do hábitat educativo para a sustentabilidade, deve focar na diminuição do impacto ambiental com propostas de edifício de consumo energético quase nulo (nZIB) - tanto em edifícios existentes como em novos. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é avaliar a redução de energia e carbono equivalente em um edifício educativo universitário, mediante a incorporação de um isolante térmico elaborado com remanescente da indústria têxtil. Analisa-se o comportamento térmico e ambiental da situação atual e da proposta de melhora em forma comparativa. Os resultados obtidos são muito alentadores. Concluindo, valorizam-se as alternativas de reabilitação energética que produzem benefícios de triplo impacto envolvendo a toda a comunidade educativa universitária e à sociedade em geral.

Autoras:

Dr. Arq. Gabriela Giuliano

IEADeR-UNSE-CONICET

Argentina

Arq. Vanesa Saez

FAU-UNT-CONICET

Argentina

Dra. Arq. Beatriz Garzón

FAU-UNT-CONICET

Argentina

Email: GM.GIULIANO@GMAIL.COM;

vanesaez@gmail.com;

bgarzon06@gmail.com

Palabras clave: Edificios educativos, eficiencia energética, aislamiento térmico reciclado, cambio climático, sustentabilidad.

Keywords: Educational buildings, energy efficiency, recycled thermal insulation, climate change, sustainability.

Palavras-chave: Edifícios educativos, eficiência energética, isolamento térmico reciclado, cambio climático, sustentabilidade.

Artículo Recibido: 30/06/2022

Artículo Aceptado: 15/11/2022

CÓMO CITAR

Giuliano, G., Saez, V., & Garzón, B.

(2022). Edificio universitario con energía y carbono casi nulo: Caso Universidad Nacional de Santiago del Estero-

Argentina. *ARQUISUR Revista*, 12(22), 56-

65. <https://doi.org/10.14409/ar.v12i22.11196>

ARQUISUR REVISTA

AÑO 12 | N° 22 | DIC 2022 – MAY 2023

PÁG. 56 – 65

ISSN IMPRESO 1853-2365

ISSN DIGITAL 2250-4206

DOI <https://doi.org/10.14409/ar.v12i22.11196>



INTRODUCCIÓN

Ante la sostenida emergencia sanitaria, social, económica y ambiental por causas antropogénicas debería plantearse a escala global y local una etapa dedicada a iniciativas innovadoras. En 2019, el secretario general de la Organización de Naciones Unidas (ONU) emitió un llamado global a una «década dedicada a la acción» para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a 2030 (ONU, 2019).

El Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), en su sexto informe denominado «Cambio Climático 2021: Bases físicas», menciona en su evaluación que, a menos que sean inmediatas y a gran escala las acciones para lograr reducciones del 40 a 70% de gases de efecto invernadero (GEI) hacia 2050, se estará fuera del alcance de la meta de limitar el calentamiento global 1,5°C (IPCC, 2021). En tal sentido, existe un fuerte consenso a nivel internacional para confeccionar proyectos que permitan reducir esos gases. El sector educativo universitario no es ajeno a estos compromisos y se considera que debe impulsar el cambio hacia energía y carbono casi nulo. A tal efecto, se evidencia la necesidad de alcanzar en sus edificaciones existentes o nuevos proyectos estándares más ambiciosos de calidad ambiental global, a lo largo del ciclo de vida, en sus vectores energía, agua, materiales y residuos (Wadel, 2013).

En el mundo, diversos grupos de investigación evalúan edificios educativos universitarios de energía casi nula. Una evaluación realizada en España certifica la eficiencia energética de 21 edificios de Facultades, y la mayoría se encuentra dentro del promedio de emisiones de CO₂ (Herrando *et al.*, 2016). El objetivo de las políticas europeas en la edificación es lograr una economía hipocarbónica sostenible y competitiva. Por tanto, para los edificios no residenciales, el objetivo es reducir el consumo de energía y lograr edificios de energía y carbono casi nulo (nZIB) a través de medidas de rehabilitación y del uso de fuentes de energía renovables (D'Agostino *et al.*, 2018).

Una investigación efectuada en la Universidad Tecnológica de Malasia estimó las emisiones de CO₂ del uso de energía dentro del campus (Abdul y Ho, 2015). Se observó que las principales emisiones eran, además del transporte, las provenientes del consumo de energía eléctrica por la prestación de servicios de refrigeración, iluminación y otros equipos. Por ello se propusieron medidas a adoptar en cuanto a eficiencia energética y a cambios de comportamiento en el uso de las instalaciones.

En Latinoamérica, en la Universidad de Passo Fundo, Brasil, se evaluaron indicadores de desempeño energético (Leite Frandoloso, 2018). En la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en su Plan de Desarrollo Institucional (2015–2019), la sustentabilidad adquiere un papel relevante e implementa políticas sustentables en materia de ahorro y uso eficiente del agua y la energía. A tal efecto, la dirección general de obras de la UNAM (2020) publicó recientemente un documento que establece disposiciones en materia de construcción sustentable para el campus. En la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas de El Salvador se realizó el análisis del Ciclo de Vida (ACV) de un Edificio nZIB dentro del Campus con el fin de determinar los impactos de la huella de carbono y energética que este generaba, haciendo énfasis en sus sistemas constructivos, materiales y sus etapas a lo largo del ciclo de vida (González *et al.*, 2020). En Argentina, en 2019 se inauguró el nuevo edificio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en la Ciudad Universitaria, «Cero más Infinito» (UBA, 2019). Este incluye conceptos de arquitectura sustentable, combina un techo verde y un sistema de alta prestación de doble vidrio hermético, lo que significa que todos los espacios reciben luz natural y se reduce así en un 50% en el consumo de energía. En la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) de la provincia de Chaco se efectuaron simulaciones, monitoreos de aulas y se completó la auditoría energética con análisis de consumos y el uso de imágenes termográficas para diagnosticar deficiencias en las envolventes de las Facultades (Alías *et al.*, 2013), a partir de lo cual se hicieron propuestas de mejoras térmico-energéticas aplicadas a aulas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo a través de pantallas solares de diferentes materiales convencionales (Escobar *et al.*, 2012). En 2017, la Universidad de Villa María presentó un Plan Estratégico Sustentable para su campus, entre cuyas líneas de acción se encuentra la eficiencia térmico-energética de sus edificios. Y en 2018 estableció un modelo de evaluación de criterios de sostenibilidad en procesos de compra pública (Cavagliato *et al.*, 2018; Yáñez, 2018). Asimismo, al sur de Argentina fue proyectada y ejecutada una residencia universitaria bioclimática de la Universidad Nacional de La Pampa, en la ciudad de Santa Rosa, donde se realizó el control del comportamiento térmico y del ahorro energético con monitoreos en distintas estaciones del año (Filippín *et al.*, 2002).

Si bien existen numerosos trabajos concernientes a la reducción de energía y carbono, tanto en Latinoamérica como en Argentina, se detecta que la mayoría de estos se refiere a su aplicación en construcciones nuevas. Por consiguiente, se evidencia una vacancia en cuanto a investigaciones que apunten a la rehabilitación energética y, más aún, que planteen mejoramientos con materiales sustentables para la construcción.

La presente investigación se enfoca en una necesidad puntual que presenta la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina. En el marco del Plan Estratégico Institucional 2019–2029 (UNSE, 2019a), en el que se establece como un eje prioritario un «modelo académico, de investigación y extensión que adhiera al desarrollo sostenible» (UNSE, 2019b), se circunscribe el Programa UNSE Verde, creado por Resolución del Consejo Superior (RES CS 204/2019), que tiene como propósito principal reducir los impactos ambientales causados por las actividades de funcionamiento de la Universidad, promoviendo a la vez un modelo académico, de investigación y extensión, que adhiera al desarrollo sostenible como eje prioritario. En tanto, a fines de 2021, el Consejo Superior aprobó la adhesión de UNSE al «Race to Zero for Universities and Colleges». Esta es una campaña mundial respaldada por la ONU para que universidades e institutos educativos superiores se comprometan con el objetivo de reducir a la mitad sus emisiones de carbono para 2030 y lograr cero emisiones netas para 2050.

Con base en lo antes mencionado, este trabajo toma como caso de estudio un Salón de Usos Múltiples para Estudiantes (SUME), por materializarse con una de las tipologías constructivas más utilizadas en el campus de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, con el objetivo de evaluar el comportamiento térmico–energético y ambiental de una propuesta de acondicionamiento de la envolvente. Para ello, se plantea la incorporación de un aislante térmico resuelto con *scrap* de la industria textil, tanto en muros como en techos.

METODOLOGÍA

En una primera instancia, se define el clima y la zona bioambiental donde se sitúa la unidad de análisis según norma IRAM 11603. Se caracteriza la funcionalidad y el aspecto técnico–constructivo del caso de estudio, el cual se denomina caso base, y su propuesta de rehabilitación como caso mejorado. Esta última se enfoca en el mejoramiento de la envolvente mediante la

incorporación de aislante térmico resuelto con remanente de industria textil.

A partir de allí, se calculan los valores de transmitancia térmica (K) de cerramientos opacos según procedimiento de IRAM 11605 comparándolos con los admisibles de la IRAM 11900 para ambos casos. En una segunda etapa, se determinan los valores de coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (G_{cal}) y se comparan con los con admisibles (G_{adm}) conforme a IRAM 11604, como también se calcula la carga térmica de calefacción anual (Q) proporcionada por la misma norma. Se obtienen los valores de cargas térmicas de refrigeración (Q_R) y los coeficientes volumétricos de refrigeración (G_R) de las dos situaciones y se verifican con los valores de admisibles (G_{Radm}) de Norma 11659.

En una tercera etapa se procede al Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACV) simplificado según las normas IRAM en ISO 14040, 14041, 14042, 14043. A los fines de este estudio solo se determina el Potencial Calentamiento Global (PCG) o (GWP) dentro de la Categoría de Impacto: Cambio Climático (CC). Se determinan las emisiones de GEI equivalentes producidas por la climatización frío/calor del edificio en estudio en su situación actual y en su situación mejorada con la incorporación del componente constructivo térmico resuelto con remanente de industria textil. Finalmente, el alcance de este análisis contempla la etapa de uso de la unidad de análisis, determinada en 50 años de vida útil, y la unidad funcional se define en 1 m^3 de construcción. El flujo de referencia para la medida de las salidas es $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ por unidad funcional. El factor de emisión que se considera es de $0,48 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} / \text{Kwh}$ proporcionados por la Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático, Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires (2017).

DESARROLLO

Identificación del caso de estudio

El edificio de Salón de Usos Múltiples para Estudiantes (SUME) de la UNSE corresponde al campus de extensión de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT). El mismo se implanta en la sede del Parque Industrial «La Isla» del departamento Banda, a solo 6 km de la sede central de la UNSE de la ciudad capital de la provincia de Santiago del Estero, ubicada en la región noroeste de Argentina. Este corresponde a la zona bioambiental I – Muy Cálida y subzona a, con amplitudes térmicas diarias mayores a 14°C , (Figura 1) de acuerdo con Norma IRAM 11603 (2012). La

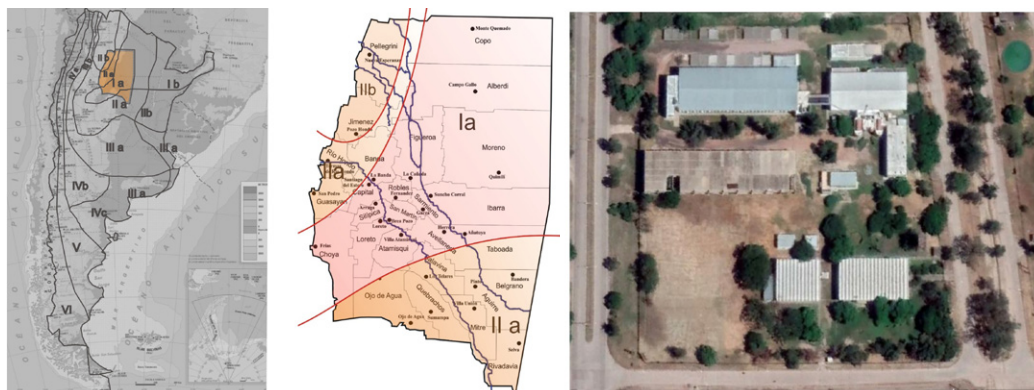


FIGURA 1 | Imágenes georreferenciales de la zona bioambiental del caso de estudio. Fuente: Google Earth y Dirección de Planeamiento Físico Universitario.

clasificación climática de Köppen (1900) define el tipo de clima del lugar como «seco semiárido estepario». El período estival es muy cálido, con altas temperaturas que pueden llegar a los 40° C en enero y lluvias distribuidas entre los meses de octubre y marzo; la época invernal es seca y registra temperaturas bajas.

Se efectuó el relevamiento arquitectónico del edificio universitario, destinado a la función de salón de usos múltiples para estudiantes de FCEyT-UNSE (Figura 2). Esta infraestructura ha sido pensada para albergar a 40 estudiantes aproximadamente, durante el transcurso del ciclo lectivo, de una forma cómoda ya que cuenta con el equipamiento de tableros, asientos y pizarrones. El SUME se desarrolla únicamente en planta baja con un espacio central en doble altura de 6 m y cuenta con 100 m² cubiertos, el cual tiene como soporte un sector de servicio, comprendido por cocina y grupo sanitario de 40 m², totalizando así 140 m² cubiertos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS: CASO BASE Y MEJORADO CON SATE RSU

La envolvente del SUME es de mampostería de ladrillo cerámico hueco (LCH) de 0,18 m de espesor, el cual se designará en adelante como Muro 1 (M1). El techo, resuelto con cubierta de chapa trapezoidal, aislación de espuma de polietileno con un film aluminizado con espesor de 0,010 m, cámara de aire ventilada y cielo-raso suspendido de yeso cartón que, por ser del tipo liviano, se denomina (TL1). Las carpinterías son metálicas con vidrio simple, sin ruptor de puente térmico y sin protección solar. Para la propuesta de rehabilitación térmico-energética de la envolvente del caso base se plantea, para el cerramiento vertical, la incorporación del Sistema de Aislamiento Térmico Ex-

terior —SATE— denominado (M2). En este se propone el uso del AISLA-SUSTEX como aislante térmico entre la perfiles metálica donde se fija la placa cementicia de terminación superficial. Y en el techo, llamado de ahora en adelante (TL2), también se incorpora esta aislación en el interior del ático. En la Figura 3 se advierte el detalle constructivo de la envolvente original y su alternativa superadora.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE CONSTRUCTIVO RESUELTO CON RESIDUO TEXTIL

El aislante térmico diseñado presenta como materia prima principal el residuo textil industrial, es decir, remanente de pie de máquina de la fabricación de diferentes prendas textiles. La elección de la materia prima, en esta primera instancia de la investigación, se fundamenta en la posibilidad de obtener un material limpio sin la necesidad de utilización del recurso hídrico para su elaboración. Estos remanentes de industrias generalmente son mezclas de algodón, poliéster y poliamidas, puesto que las prendas no se componen de una sola materia prima textil.

Como se muestra en la Figura 4, el triturado textil se une con pegamento biodegradable blanco y se compacta mediante prensa. Para lograr su rigidez y fácil manipulación se coloca en su parte trasera un cartón corrugado reciclado de 0,004 m de espesor y en esa cara del elemento se adiciona una barrera de vapor resuelta con residuo de plástico polipropileno de alta densidad bilaminado. Sus dimensiones son 0,40 m x 0,40 m y su espesor es de 0,06 m. Como el componente constructivo se presenta en fase de estudio, se toman los valores de conductividad térmica de 0,036 W / m² K definidos para el producto RMT-Nita® Cotton.

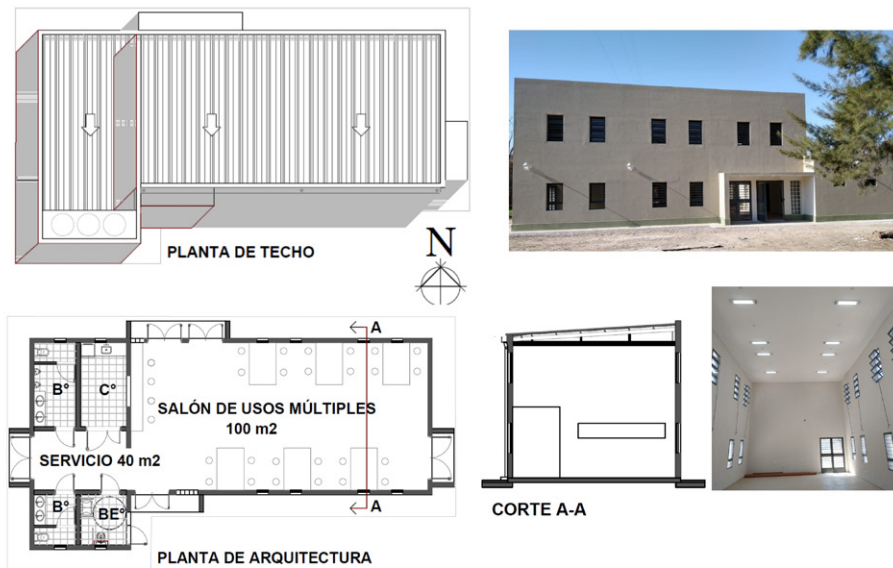


FIGURA 2 | Planimetría de SUME y fotografías de vistas exterior e interior. Fuente: elaboración propia y fotografías tomadas por el equipo de trabajo.

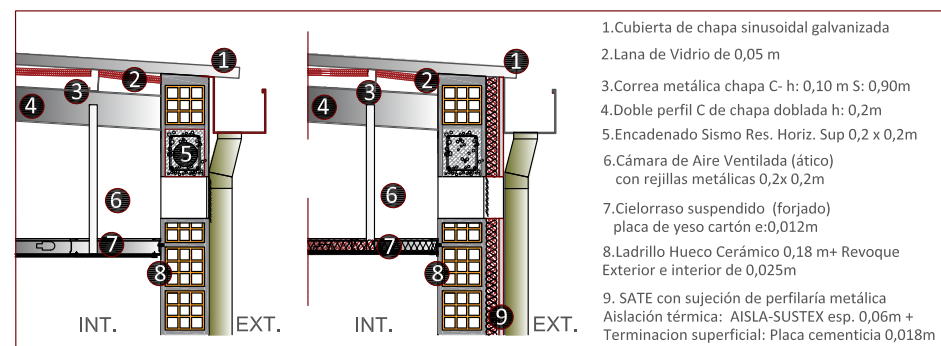


FIGURA 3 | Detalle constructivo caso base y mejorado con AISLA-SUSTEX. Fuente: elaboración propia.



FIGURA 4 | Placa de aislación térmica ejecutada con residuos textiles. Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Evaluación térmico-energética

Para la determinación de las propiedades térmicas de los componentes constructivos se toma la situación verano por considerarse la más desfavorable para la localidad de análisis y se utiliza el programa calculador TRANS-Q-E (Garzón y Mendonca, 2013). Se advierte así que la envolvente del caso base presenta un valor de transmitancia térmica de cálculo (K_{CAL}) para el M1 de $1,71 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y para el TL1 de $0,68 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, por lo tanto, solo verifica en el nivel C-mínimo de confort higrotérmico según IRAM 11900:2019. En cambio, en la alternativa planteada el valor de K_{CAL} del M2 es de $0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y del TL2 es $0,42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. A tal efecto, el M2 presenta el nivel de confort higrotérmico categoría A/B y el TL2 nivel B, conforme a la norma de referencia. Estos resultados muestran que incide favorablemente la incorporación al muro del SATE, así como el aumento de aislación térmica en el techo. De esta manera, se observa que el componente M2 presenta una reducción de su transmitancia térmica del 72 % respecto del M1 y el componente TL2 muestra una disminución del 38 % con relación a TL1. Se advierte además que la presente investigación propone la eficiencia energética de la envolvente resolviendo las cargas térmicas por conducción. En tal sentido, se pretende destacar la incidencia que tiene el material aislante dentro de una construcción sostenible (Carabaño *et al.*, 2017).

Seguidamente, se calculan las ganancias y pérdidas térmicas según la situación verano o invierno del edificio tanto para el caso base como para el mejorado. Como muestra la Tabla 1, el caso base presenta un QR de $32\,430 \text{ W}$ y el caso mejorado de $25\,046 \text{ W}$, es decir, se reduce la carga térmica por refrigeración en un 23 %. De todos modos, se detecta que los resultados de G_R fueron mayores al G_{Radm} estipulado en norma IRAM 11659, con lo cual se visibiliza la necesidad de utilizar sistemas activos de climatización termomecánica y queda en evidencia la rigurosidad climática de la zona. En cuanto a los resultados para la situación invierno, las pérdidas de calor se registran con un valor de $30\,270 \text{ W}$ para el edificio existente y de $16\,100 \text{ W}$ para el caso de rehabilitación, lo que significa una disminución del 45 % respecto del caso original. En cuanto al G_{cal} del caso base, es de $0,270 \text{ W/m}^3$, por lo tanto, no verifica según el valor admisible de norma IRAM 11604, G_{Radm} de $2,713 \text{ W/m}^3$; en cambio, en la propuesta de mejora el G_{cal} es de $2,141 \text{ W/m}^3$, lo cual se sitúa por debajo del coeficiente admisible.

Los valores obtenidos permiten visibilizar la reducción de las cargas térmicas en el caso mejorado y esto se traduce a menor consumo de energía eléctrica para climatización, situación que se verá acrecentada a medida que aumente la necesidad de adquirir el confort higrotérmico mediante el uso de artefactos termomecánicos como consecuencia del cambio climático. Como afirman Beyrne *et al.* (2015), en la Argentina se registra en los últimos años un crecimiento sostenido en la demanda eléctrica por picos de energía y potencia que se desarrollan típicamente en verano y en invierno. El estudio realizado por Mastronardi *et al.* (2016) a cinco regiones metropolitanas de la Argentina evidencia un aumento de la demanda en meses «cálidos» que oscila entre 2 y 3 % por cada grado centígrado adicional de temperatura y, en meses fríos, sólo aumenta entre un 0,3 a 1,4 % la demanda ante la disminución de un grado adicional de temperatura. Cabe destacar que, en muchas regiones de nuestro país, en el período invierno disminuye el consumo de energía eléctrica ya que muchos usuarios utilizan artefactos de calefacción con energía a gas.

CARBONO EQUIVALENTE

Para estimar la cantidad de energía primaria utilizada en la climatización del edificio se toman los datos que provee el fabricante de los equipos de aire acondicionado instalados. En este caso, se trata de 2 equipos split. De acuerdo con especificaciones técnicas, cada uno presenta una Capacidad Nominal de Refrigeración de $33,53 \text{ Kwh}$ y $35,54 \text{ Kwh}$ de calefacción, su potencia es de $5,36 \text{ Kw}$ y de $5,08 \text{ Kw}$, respectivamente, lo que significa que su Eficiencia Energética es de 3,13. Posteriormente, se cruzan los valores obtenidos en la evaluación térmico-energética y se determina el carbono equivalente asociado al acondicionamiento termomecánico del edificio en sus dos situaciones base y mejorado. Como indica la Tabla 2, el caso existente presenta un valor de $1550,89 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq/año}$ por refrigeración y el caso mejorado de $1197,504 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq/año}$, lo que significa una reducción de emisiones GEI del 22,8 % en este último. Para la climatización por calefacción, el caso existente presenta $1447,62 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq/año}$ y en la situación propuesta se revela un valor de $769,96 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq/año}$, lo que representa una disminución en el orden de 46,81 %. Asimismo, si se suman los valores emitidos en la situación verano e invierno y se consideran las emisiones generadas a lo largo del período de 50 años, el caso base presenta emisiones

CLIMATIZACIÓN	Caso	Q [W]	G [W/m³]	G adm [W/m³]	Verifica Norma 11659 [IRAM, 2007]	Verifica Norma 11654 [IRAM, 2004]
Refrigeración	Base	32 430	57,19	18,92	$G_R > G_{Radm}$: NO	$G_{cal} > G_{adm}$: NO
	Mejorado	25 046	44,17	18,92		
Calefacción	Base	30 270	2,293	1,389	$G_R > G_{Radm}$: NO	$G_{cal} < G_{adm}$: SI
	Mejorado	16 100	1,220	1,389		

TABLA 1 | Cálculo y verificación de refrigeración y calefacción según Normas IRAM serie 11600. Fuente: elaboración propia.

Situación	Caso	Capacidad Nominal Instalada [Kwh/m² año]	Ganancia Térmica [Kwh/m² año]	Energía neta [Kwh/m² año]	Energía primaria [Kwh/m² año]	GEI [Kg CO2 eq/m² año]	GEI Edificio [Kg CO2 eq/año]	GEI 50 años [Mt CO2 eq]
Refrigeración	Base	33,52	32,43	10,36	34,19	16,41	1550,89	0,000077
	Mejorado	33,52	25,04	8,00	26,40	12,672	1197,504	0,000059
Calefacción	Base	35,54	30,27	9,67	31,91	15,31	1447,62	0,000077
	Mejorado	35,54	16,10	5,14	16,97	8,14	769,96	0,000038
Total Caso Base								0,000154
Total Caso Mejorado								0,000097

TABLA 2 | Resultados de GEI de caso base y mejorado, según Norma IRAM serie 14000. Fuente: elaboración propia.

de GEI en el orden de 0,000154 MtCO₂eq y su mejora refleja emisiones con valores de 0,000097 MtCO₂eq.

Los resultados obtenidos son muy alentadores si se toma en consideración que el período en análisis es la etapa de uso, siendo esta la fase más larga del ciclo de vida y, por lo tanto, la que incide de forma determinante en el impacto ambiental asociado al edificio. Como se menciona en párrafos anteriores, el aislante térmico resuelto con residuo textil favorece la reducción de energía incorporada (Giordano *et al.*, 2017) en la etapa de análisis, además de garantizar el confort higrotérmico de los usuarios. Asimismo, si se tiene en cuenta que muchos materiales aislantes existentes se fabrican con productos petroquímicos, principalmente poliestireno, o de fuentes naturales procesadas con altos consumos energéticos (Asdrubali *et al.*, 2015), este intenta alinearse con el concepto de ecodiseño bajo los principios de la economía circular (Fundación Ellen Mac Arthur, 2018). En tal sentido, se coincide con lo planteado por Álvarez y Ripoll Meyer (2018) en cuanto a que en la elección del aislante térmico se debe tener en cuenta la sustentabilidad ambiental y económica del material, como también que garantice la calidad de vida de los seres vivos que intervienen a lo largo de todo su ciclo de vida. Si bien existen aislantes similares en el mercado mundial, como el RMT–Nita® Cotton de origen español o los paneles ecológicos que produce la empresa Ecofibra en Chile, en la Argentina y, en especial, en Santiago del Estero, se considera fundamental realizar una producción local del

componente y favorecer así la cadena de valor de las pequeñas industrias y PyMES. Por lo tanto, el prototipo en estudio AISLA–SUSTEX es una propuesta apta y superadora ya que, además de permitir reducir energía y carbono equivalente del edificio universitario, presenta cobeneficios a nivel económico y social para Santiago del Estero.

CONCLUSIÓN

En esta investigación se evidencia un déficit térmico–energético en las construcciones universitarias de la UNSE, las cuales deben reforzarse con el fin de alcanzar el Rate to Zero al año 2050. Se concluye que, si bien resulta necesario plantear diversas estrategias para la reducción del consumo de la energía y su impacto ambiental, es evidente que desde el campo de la arquitectura existen muchas posibilidades de realizar intervenciones tecnológicas que nos acerquen a la energía y al carbono casi nulo. De esta manera, se podría iniciar una transición hacia modelos sostenibles en el tiempo que permitan instaurar un nuevo paradigma desde la sustentabilidad convencional hacia la regenerativa. Es decir, apuntar a valorar alternativas de rehabilitación energética que reflejen beneficios de triple impacto —social, económico y ambiental— involucrando a toda la comunidad educativa universitaria y a la sociedad en general, siendo la universidad el factor fundamental para el desarrollo de nuevas soluciones sistémicas y transformadoras a través de la colaboración de múltiples actores. 🌱

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-AZEEZ, I.; HO, C. (2015) Realizing Low Carbon Emission in the University Campus towards Energy Sustainability. *Open Journal of Energy Efficiency*, 4, 15-27. <http://dx.doi.org/10.4236/ojee.2015.42002>
- ALÍAS, H.M.; JACOBO, G.J.; MARTINA, PA. E. y CORACE, J.J. (2013). Auditorías higrotérmicas de edificios según su diseño tecnológico-constructivo: el caso de la Facultad de Arquitectura de la UNNE. *ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del nordeste argentino*- Vol 1 N.º 1- (Diciembre 2013) Pp. 63-76 -ISSN 2347- 064X.
- ÁLVAREZ, A.A. y RIPOLL-MEYER, V. (2018). Matriz de referencia para la optimización del ciclo de vida de los materiales constructivos de la vivienda social en zonas árido-sísmicas. *Hábitat Sustentable*, 8(2), 52-63. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02>
- ASDRUBALI, F.; D'ALESSANDRO, F. y SCHIAVONI, S. (2015). Una revisión de los materiales de aislamiento de edificios sostenibles no convencionales. *Materiales y tecnologías sostenibles*, 4, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- BEYRNE, G.; MALVICINO, F.; TRAJTENBERG, L.A. (2015). Modelo Estacional de Demanda de Energía Eléctrica. *Documento de trabajo N°11*. Subsecretaría de Programación Macroeconómica.
- CARABAÑO, R.; HERNANDO, S.M.; RUIZ, D. y BEDOYA, C. (2017). Evaluación del ciclo de vida (ACV) de los materiales de construcción para la evaluación de la sostenibilidad de la edificación: el caso de los materiales de aislamiento térmico. *Revista de la construcción*, 16(1), 22-32. <https://dx.doi.org/10.7764/RDLC.16.1.22>
- D'AGOSTINO, D. y PARKER, D. (2018). A framework for the cost-optimal design of nearly zero energy buildings (NZEBs) in representative climates across Europe. *Energy*, (149), 814-829. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.020>
- DIRECCIÓN DE SUSTENTABILIDAD, MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO, MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (2018). *Manual de aplicación de la Huella de carbono 2018*. https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf
- ESCOBAR, M.L.; ALÍAS, H.M. y JACOBO G.J. (2012). Estudio de alternativas de mejoramiento térmico de las envolventes del edificio de la FAU UNNE, mediante el software Retscreen. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16. <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/issue/view/164>
- FILIPPÍN, M.C.; FLORES LARSEN, S. y LESINO, G (2002). Simulación térmica de verano de un sector del bloque de residencias estudiantiles bioclimáticas en Santa Rosa, La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6, 19-24. Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80339>
- FUNDACIÓN ELLEN MAC ARTHUR (2018). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf
- GARZÓN B., y MENDONCA, C. (2013). TRANS-Q-E: Programa calculador de transmitancia, cargas térmicas de calefacción y refrigeración y consumos energéticos, según serie normas IRAM 11 600. Obra Inscripta en Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA), CABA, Buenos Aires.
- GIORDANO, R.; SERRA, V.; DEMARIAA, E. y DUZEL, A. (2017). Embodied energy versus operational energy in a nearly zero energy building case study. *Energy Procedia*, 111, 367-376. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.198>

- GONZÁLEZ, C.; JAVIER, R.; RODRÍGUEZ, R. y RODRÍGUEZ, L. (2020). *Análisis de ciclo de vida del Edificio NZEB El Salvador: modelo base para calcular huella de carbono*. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. <http://hdl.handle.net/2117/346366>
- HERRANDO, M.; CAMBRA, D.; NAVARRO, M.; GEMA MILLÁN, L.; ZABALZA, I. (2016). Energy Performance Certification of Faculty Buildings in Spain: The gap between estimated and real energy consumption. *Energy Conversion and Management*, 125, 1, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.037>
- IPCC (2021). Resumen para responsables de políticas de la contribución del Grupo de trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC. NERC EDS Center for Environmental Data Analysis. <http://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/ae4f1eb6fce24adcb92ddca1a7838a5c>
- KÖPPEN, W. (1936) Das geographische System der Klimate, Handbuch der Klimatologie [The Geographical System of the Climate, Handbook of Climatology]. Borntraeger, Berlin, Bd. 1, Teil. C.
- LEITE FRANDOLOSO, M.A (2018). *La inserción de la eficiencia energética en los edificios universitarios brasileños: las políticas y los procesos de toma de decisiones*. (Tesis doctoral, UPC, Departament de Tecnologia de l'Arquitectura). <http://hdl.handle.net/2117/113995>
- MASTRONARDI, L.; SFEIR, M.A. y SANCHEZ, S. (2016). *La temperatura y su influencia en la demanda de energía eléctrica: Un análisis regional para Argentina usando modelos econométricos*. Subsecretaría de Escenarios y Evaluación de Proyectos. Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico. Ministerio de Energía y Minería de la Nación.
- ONU (2019.) *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DESA).
- UNSE (2019a). *Plan estratégico de la Universidad Nacional de Santiago del Estero* (pp. 1–78). <https://www.unse.edu.ar/index.php/plan>
- UNSE (2019b). *Res. HCS 204/2019* (p. 6). <https://www.unse.edu.ar/unseverde/>
- WADEL, G. (2009). Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón: un aporte a la construcción sostenible. *Revista de Arquitectura*, 15(20), 27–32. <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2013.27962>
- YÁÑEZ, J.I. (2018). *Campus Sostenible 2018. Autoevaluación de la Sostenibilidad del Campus de la UNVM*. I Congreso Iberoamericano de Educación Para La Sustentabilidad Universitaria.

NORMAS

- IRAM 11900 (2019). Modificación N° 1 a la Norma IRAM 11900:2017–12. Prestaciones energéticas de viviendas. Métodos de cálculos. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM–ISO Serie 14000 (2008). Gestión Ambiental Análisis de ciclo de vida. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.